教材编委会

本 书 编 委 会

主　编　周才琼

（西南大学）

周玉林

（南京农业大学）

副主编　宋莲军

（河南农业大学）

张赟彬

（上海应用技术学院）

彭　景

（扬州大学）

主　审　糜漫天

（第三军医大学）

编　者（按姓氏笔画排序）

王修俊

（贵州大学）

石　勇

（湖北工业大学）

李建民

（河南科技大学）

张清安

（陕西师范大学）

杨吉霞

（西南大学）

胡筱波

（华中农业大学）

盛　清

（浙江理工大学）

编写说明

近年来，随着食品科技的迅速发展和食品新产品的不断推出，人们不仅对各类食品的安全使用问题日益重视，而且对与食品安全相关的各类知识也进一步投入精力进行关注。另一方面，为了保障与人们生命和生活息息相关的各类食品的使用安全，政府的相关部门也投入很大力度进行食品生产各环节的监管。经过各食品相关主管部门的不懈努力，我国已基本形成并明确了卫生与农业主管部门抓原材料监管、质监部门抓各类食品生产环节的监管、工商部门从事食品成品监管的制度完善的食品监管体系。

目前，食品质量问题已成为全社会关注的焦点。为了适应当前的经济发展，从根本上解决与食品质量相关的各类实际问题，我们需要从最基础的专业教育抓起，这就对我国食品类高校的教育工作提出了更高的要求。

当前，食品行业的快速发展和结构性调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更加具体的要求。因此，为了进一步提高食品专业教材的编写水平，以适应市场对素质全面、适应性强、有创新能力的高技术专门人才的需求，由中国计量出版社牵头组织了西南大学(原西南农业大学)、南京农业大学、华中农业大学、扬州大学、河南农业大学、陕西师范大学、湖北工业大学等59所高校参与的食品质量与安全以及食品科学与工程专业高校教材编写与出版工作。此次的教材编写与出版工作旨在为各食品类相关院校在教材建设方面的信息交流搭建一个平台，以促进各院校之间在教学内容方面相互取长补短，从而使该套教材的参编与使用院校的课程设置更趋合理化，最终培养出更加适应当前社会经济发展的应用型人才。为了达到这一要求，我们严把教材写作质量关，想方设法使参编教师的丰富教学实践能很好地融入教学理论体系之中，从而推出教师好教、学生好用的优秀教材。为此，我们特别邀请了西南大学、南京农业大学、华中农业大学、中国农业大学以及解放军第三军医大学等多所知名高校及科研

机构的专家从事相关教材的审稿工作，从而为我们成功推出该套框架好、内容新、适应面广并且与国际接轨的好教材提供了必要的保障，以此来满足食品专业高等教育的不断发展和当前全社会范围内食品安全体系建设的迫切需要。

本次教材的编写尤其注重了理论体系的前沿性，不仅将食品科技发展的新理论合理融人教材中，而且使读者通过教材的学习可以深入把握国际食品科技发展的全貌，这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的推出必将会推动我国食品类高校教材体系建设的逐步完善和不断发展，从而对国家新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材编委会

2006年7月

前 言

• FOREWORD •

《食品营养学》教材是根据教育部"加强基础、淡化专业、拓宽知识面和重视应用"的教改精神，为食品质量与安全专业的学生而编写的，同时也考虑了作为食品工程专业学生选用教材。本教材以营养的基础知识、食物营养、不同人群营养及营养改善为主线，全面系统地阐述了人体营养的生理基础，营养的基础知识，食物的营养价值及食品中的有毒物质，不同人群的营养，社区营养，强化食品、保健食品和工程食品，膳食营养与健康及食品新资源的开发利用等营养学的基础理论和实际应用的知识和方法，还根据营养学的发展，介绍了非营养素功能因子、保健食品及食品新资源的开发利用等内容。本教材力求内容丰富、特色突出、科学适用以及简明扼要。

本教材由西南大学、南京农业大学等11所高等院校联合编写。周才琼教授编写第一章绪论以及第七章加工、贮藏对食物营养价值的影响；彭景副教授编写第二章食物的消化与吸收以及第八章不同生理状况下人群的营养要求与合理膳食；胡筱波讲师编写第三章宏量营养素和能量；宋莲军副教授编写第四章微量营养素和水；张赞彬副教授编写第五章食物中的其他功能性成分；周玉林副教授编写第六章各类食物的营养价值以及第十二章膳食营养与健康；张清安讲师编写第九章特殊环境条件下人群的食品营养要求；石勇副教授编写第十章社区营养；李建民副教授编写第十一章强化食品、保健食品和工程食品；盛清副教授编写第十三章食品新资源的开发利用；王修俊副教授编写第十四章食物中的有毒物质。全书由周才琼教授和周玉林副教授统稿。此外，西南大学食品科学学院杨吉霞老师参与第七章加工贮藏对食物营养价值的影响的部分资料收集工作，并承担了本教材附录部分编写工作。

在本教材编写过程中，承蒙西南大学食品化学与营养学专家陈宗道教授的悉心指导，提出了许多宝贵的意见，并进行了认真的审查和修改，对保证本书质量起到了重要作用，在此深表感谢。

由于本教材涉及内容广泛，作者水平有限，加上编写时间紧，书中疏漏和不当之处在所难免，不足之处请各位同仁和读者指正。

编　者

2006 年 8 月

目 录

• CONTENTS •

第一章　绪　论

学习目的与要求

1. 掌握人体对营养的需要及食品营养学等相关概念。
2. 了解营养学发展概况以及食品营养学与食品科学及农业科学的关系。
3. 了解我国居民膳食与营养变迁以及我国食物与营养发展目标。

民以食为天，人们每天必须摄取一定数量的食物来维持自己的生命与健康，保证身体正常的生长、发育和从事各项活动。营养是有机体从外界吸取所需物质以维持生长、发育等生命活动的过程。早期人类对食品和营养的认识仅仅是为了生存，以后逐渐发展到利用食物来防病、治病以及强身健体。因此，营养科学与国计民生关系密切，对于民众改善营养、预防疾病、增强体质及提高健康水平等都具有重要意义。

一、人体对营养的需要

人体为了生存，必须摄取食物以维持正常的生理、生化和免疫等功能，以及生长发育、新陈代谢等生命活动。食物在体内经过消化、吸收、代谢和排泄等活动，促进机体生长发育、益智健体、防病益寿的综合过程称为营养。参与机体营养过程的有机成分和无机成分统称为营养素。人体所需的营养素约有 40 多种，可分为六大类，即蛋白质、脂肪、碳水化合物（包括膳食纤维）、无机盐、维生素和水。它们各自具有特殊的营养功能，在代谢过程中相互联系，共同参与生命活动，如图 1—1 所示。机体通过食物与外界联系，维持内环境的相对恒定，并完成内外环境的统一与平衡。

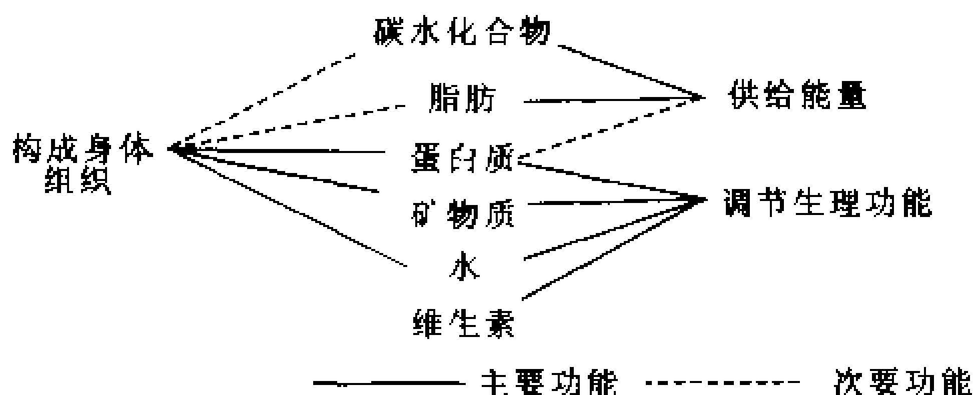


图 1—1　营养素类别及其生理功能

由于世界各地食物资源各不相同，各个国家或民族的膳食构成各异，不可能拟定一个全球性统一的“标准或理想”的食谱。但人们对于食物却有其共同的、最基本的营养需求，即

（1）供给能量、维持体温，并满足生理活动和从事生活劳动的需要。

(2)构成细胞组织、供给生长发育和自我更新所需要的材料,并为制造体液、激素、免疫物质等创造条件。

(3)保护器官机能、调节代谢反应,使机体各部分工作能协调地正常运行。

人体对营养素的需要也是食物所应具备的营养素功能。所以食物是合理营养的物质基础。

二、食品营养学的基本概念

1. 食品(food)

根据我国《食品卫生法》规定,食品是指"各种供人食用或饮用的成品和原料,以及按传统既是食品又是药品的物品,但是不包括以治疗为目的的物品"。据此定义,食品包括食物原料(food stuff)、加工后的食物(food product)以及按照传统既是食品又是药品的物品。

2. 营养(nutrition)

营养是人类从外界摄取食物满足自身生理需要的过程。据此也可以说营养学是主要研究人们"吃"的科学。研究人们应该吃什么和如何吃,能更好地保证机体健康、正常的生长发育、繁养及其他各种机能的活动和劳动。如何吃则与食品加工密切相关。

3. 营养素(nutrients)

营养素是一组参与营养过程的有机物质和无机物质,目前已知的营养素有40~45种,并存在于食物(品)中。人体获得足够的营养素是保证机体生长发育、繁衍和维持健康生活的基础。从营养学和食品科学的角度而言,应尽量减少这些营养素的破坏。

4. 非营养素(non-nutrients)

食物除含营养素外,还含有其他对人体有益的物质,称之为非营养素。当今受关注的非营养素主要指植物化学物质(phytochemicals),如辣椒和蒜中的辣味物质、西瓜和西红柿中深红色的番茄红素等。

5. 营养学(nutriology)

营养学是研究人体营养规律及其改善措施的科学。所谓人体营养规律,是指人类在一般生活条件下、特殊生理条件下以及特殊环境因素条件下的营养规律。改善措施包括生物科学的措施和社会性措施,既包括措施的根据也包括措施的效果评估。随着科学研究和实际需要的不断深化,营养学又分为公共营养学、食品营养学、运动营养学、临床营养学、特殊营养学、妇幼营养学、老年营养学、营养流行病学及中医营养学等。

6. 食品营养学 (food nutrition)

食品营养学主要研究食品、营养与人体生长发育和健康的关系,以及在农业生产和食品贮藏加工中提高食品营养价值的措施。

7. 营养价值(nutritive value)

营养价值通常是指在特定食品中的营养素的质和量的关系,即食品中的营养素和能量被机体利用的程度。一般认为食品中含有一定量人体所需的营养素,则具有一定的营养价值,否则无营养价值,如有的饮料纯系食品添加剂和水配制而成。而那些含较多营养素且质量较高的食品则其营养价值较高。一般说来,动物蛋白质的营养价值较植物蛋白质高,主要是就其质而言,因动物蛋白质的必需氨基酸含量和彼此间的比例关系更适合人体的需要。

8. 营养不良(malnutrition)

营养不良是指一种或一种以上营养素不足或缺乏或不均衡以及过剩所带来的对健康产生

的不良影响。所以,需要精心搭配食物,以提供充足的能量和各种营养素。

9. 营养标签(nutritive label)

营养标签是指在各种加工食品上描述其能量及常见营养素含量的标志,或旨在让消费者知晓其食品营养价值而作的描述。营养标签由营养素的声明(某一食品营养素含量的标准化描述)和补充营养学信息构成,包括能量值、蛋白质、碳水化合物、脂肪总量及其他有关营养要求的营养素,也包括国家立法要求的其他任何被认为与保持良好营养状态有关的营养素。最好用数字来表示食品中营养素的含量,并标出其所占成人每日参考营养素摄入量(RNI)的百分数。美国营养标签的基本形式如下:

(1)每份食品的能量、蛋白质、碳水化合物和脂肪的质量分数。

(2)将蛋白质、维生素、矿物质列出美国 RNI 的百分数,包括维生素 A,维生素 C,维生素 B_1,维生素 B_2、烟酸、钙和铁。

(3)可列出其他 12 种营养素(不强求),包括维生素 D、碘、铜、钠、胆固醇及多不饱和脂肪酸等。

美国 FDA 还允许在食品标签上标注营养声明和经 FDA 认可的健康声明。

三、营养科学发展概况

营养学是由经过系统整理的事实组成的知识范畴,是一门既古老又充满生命力的现代学科。我们的祖先在很早就认识到饮食营养在保健和医疗中的重要作用。早在 3000 多年前,我国最早的医书《黄帝内经·素问》即总结出"五谷为养、五果为助、五畜为益、五菜为充"的论述,符合现代营养科学观点的"平衡膳食"原则。书中还提出"谷肉果菜,食养尽之,无使过之,伤其正也"的观点,不但说明平衡膳食需要多种多样的食物,要适量搭配、互相补益,而且概括了各类食物的营养价值及其在膳食中的比例。公元 341 年,东晋的葛洪在《肘后备急方》中就提出用肝脏治疗维生素 A 缺乏引起的"雀目症"(即夜盲症),用海藻酒治疗因缺碘引起的甲状腺肿。唐朝的孙思邈已开始用含维生素 B_1 丰富的中草药治疗久吃精制食品而引致的脚气病。明朝李时珍在《本草纲目》中对 1982 种天然动植物原料进行了详细注释,并将其按寒、凉、温、热、有毒和无毒等性质区分,对指导人们进行营养选择和食疗有重要价值。

18 世纪中叶,K. W. Scheele 和 J. Priestly 等人对 N、O_2 和 CO_2 的发现,Justus von Liebig 建立的食物化学基础,Carl von Voit, Max Rubner 和 W. O. Atwater 等人建立的物质代谢与能量代谢力学和测定方法,为现代营养学奠定了基本理论与方法学基础。其后则主要进入各种营养素的发现时期。1810 年 Wollastor 就发现了第一种氨基酸,1838 年 Jan Mulder 首次提出蛋白质,但直到 1945 年才第一次发现了一种蛋白质分子的结构。不过,营养学的绝大多数研究还是始于 1900 年以后。20 世纪初,Atwater 和 Benedict 发明了弹式热量计来测定食物中的热量,并用呼吸量热计测定了各种活动的热量消耗。1929 年,Burr 证明亚油酸是人体必需的脂肪酸。1935 年 Rose 发现了蛋白质中人体必需的 8 种必需氨基酸。1897 年第一种维生素被鉴定出来,1912 年 Funk 提出维生素一词,到 1920 年第一次有了维生素的命名。从先后发现维生素 A、维生素 B 族、维生素 C 和维生素 D,直至 1947 年发现的维生素 B_{12},迄今再无新的维生素提出。近代矿物质的发现应是从 1800 年 Davy 发现钠、钾、钙、硫、氯和 1801 年 Berzelius 对骨中钙、磷含量分析开始的。而对微量元素的大量研究则始于 20 世纪 30 年代,并陆续发现了铜、锰、锌、硒、钼等多种人体必需的微量元素。

近几十年来,随着研究的深入,对营养科学的认识也逐渐从宏观转向微观,进入到细胞水



平和分子水平。在营养科学迅猛发展的过程中,出现了许多营养学的分支学科。

(一)基础营养

20世纪末,基础营养研究取得了许多新的进展,如膳食纤维的重要性逐渐被人们所认识;多不饱和脂肪酸,特别是 $n-3$ 系列的脂肪酸,如 α-亚麻酸及其在体内的代谢产物二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)生理作用的逐渐揭示;叶酸、维生素 B_{12}、维生素 B_6 与出生缺陷及心血管疾病病因的关联研究已深入到分子水平等。其中维生素C、维生素E、β-胡萝卜素及微量元素硒、锌、铜等在体内的抗氧化作用及其机制是目前研究的热点。

(二)公共营养

20世纪70年代以来,在WHO/FAO的努力下,提出了营养监测(nutritional surveillance)、营养政策(nutrition policy)等一些新的概念,逐步形成了公共(社区)营养学或社会营养学(social nutrition),即以特定社会区域范围内的各种或某种人群为对象,从宏观上研究其合理营养与膳食的理论、方法及相关制约因素。这使营养工作的宏观调控得到了有效实施,营养工作的社会性不断加强。一些国家制定并颁布了有关社会营养的法律、法规,更加重视国民健康教育和提高国民健康水平。为指导民众合理地选择和搭配食物,很多国家制定了相应的膳食指南(dietary guidelines)和营养素每日推荐摄入量(RNI或RDA)。膳食指南和RNI的内容随着营养学的发展而不断修改与调整,如在考虑营养素摄人量时,不仅是满足基本需要,还需要兼顾其预防某些慢性疾病以及延缓衰老等作用,同时也要考虑摄人的安全性问题等,使RDA的内涵和外延得到扩充,并发展成为DRIs(dietary reference intakes)。

(三)特殊营养

随着科技的发展、人们活动范围迅速扩大,特殊环境下(如极地考察与太空探索等)的营养问题引起越来越多的关注。而特殊营养学就是现代营养学和环境医学形成的一个新的分支学科,它以环境、饮食营养与机体的关系为对象,研究特殊环境、特种作业对人体生理和代谢作用的规律和机制、饮食营养与机体对环境因素反应、适应及耐受能力的关系,并从饮食营养方面来保障特殊环境下人群的健康。特殊营养所关注的人群包括低照度工作人员(如井下或隧道作业)、接触有毒物质作业人员(如油漆、电镀、农药及化学实验室工作人员等)、航天员、航海与潜水人员、运动员等人群。特殊营养还包括特殊人群的营养问题。

(四)基因营养

营养因素与基因的相互作用是营养学研究一个新的热点,包括营养素与营养素之间、营养素与基因之间以及基因与基因之间的相互作用。基因营养学(gene nutriology)就是在人体所必需营养的基础上根据个人基因情况来确定特定的不同营养。肿瘤、动脉粥样硬化、糖尿病、肥胖及老年痴呆症等与基因和营养密切相关。基因营养的研究目的在于找出食用哪些食品可以与基因更好地相适应,了解如何根据个人的基因特点制定食谱补充特定的营养成分,以弥补由于基因变异造成对健康的影响,或者防止某些基因突变或改变基因活动的情况发生,从而达到预防疾病、延缓衰老、促进健康的目的。目前,有关DNA序列的信息已常规用于诊断和从营养学上纠正明显的先天性代谢缺陷(如苯丙酮尿症)。营养因素可通过改变涉及细胞内代谢等过

程的关键酶或蛋白的浓度、以及影响有机体特定组织的基因表达，来抑制与疾病有关基因的表达，或是增进人体对良好健康有关的基因表达，加强机体对环境的适应性。

（五）营养与健康

随着科学的发展，人们逐渐掌握了生老病死的规律，也更加明确了营养在生命过程中的重要作用。营养状况决定着人体的机能状态，包括脑力和体力劳动能力、竞技状态及运动成绩等。合理的营养不仅能提高人体的健康水平，而且关系到改善民族素质、造福子孙后代。反之，营养失衡，无论是过度还是不足都可能不同程度地影响人们的健康。如饮食无度、营养过剩可能导致肥胖病、糖尿病、胆结石症、高血压及其他心血管疾病，还可能成为某些肿瘤和多种疾病的诱因。而营养缺乏则可能影响到优生优育、劳动能力、免疫功能、预期寿命等多个方面。营养与健康的关系已成为现代营养学研究的一项重要内容。

（六）食物的活性成分

食物的活性成分，目前主要指植物化学物质（photochemicals），是目前营养学研究中一个活跃的领域。多年来，科学家发现谷物、水果和蔬菜可降低某些慢性疾病，如肿瘤、心血管疾病、糖尿病与高血压等发病的危险性，却难以用传统的营养素来对其进行解释。随着对天然产物的不断了解，人们还发现食品中许多非营养素也有促进健康的作用。目前研究较多的有类胡萝卜素、生物黄酮、含硫化合物及活性多糖等。多数活性成分具有不同程度的抗氧化作用和免疫调节作用，对心血管疾病和癌症有一定的预防和辅助治疗作用。

四、食品营养学与食品科学、农业科学的关系

食品营养学是农业科学、食品科学和营养科学有机结合的一门边缘学科，与人们的生活息息相关。高效农业提供食品生产的充足原料，食品加工是农业生产的继续和延伸，而人们通过加工的食品获取所需的各种营养素，所以，农业—食物—营养是一个不可分割的整体，它直接影响国民的营养水平和健康状况。食品营养学与食品科学、农业科学的关系如图1—2所示。

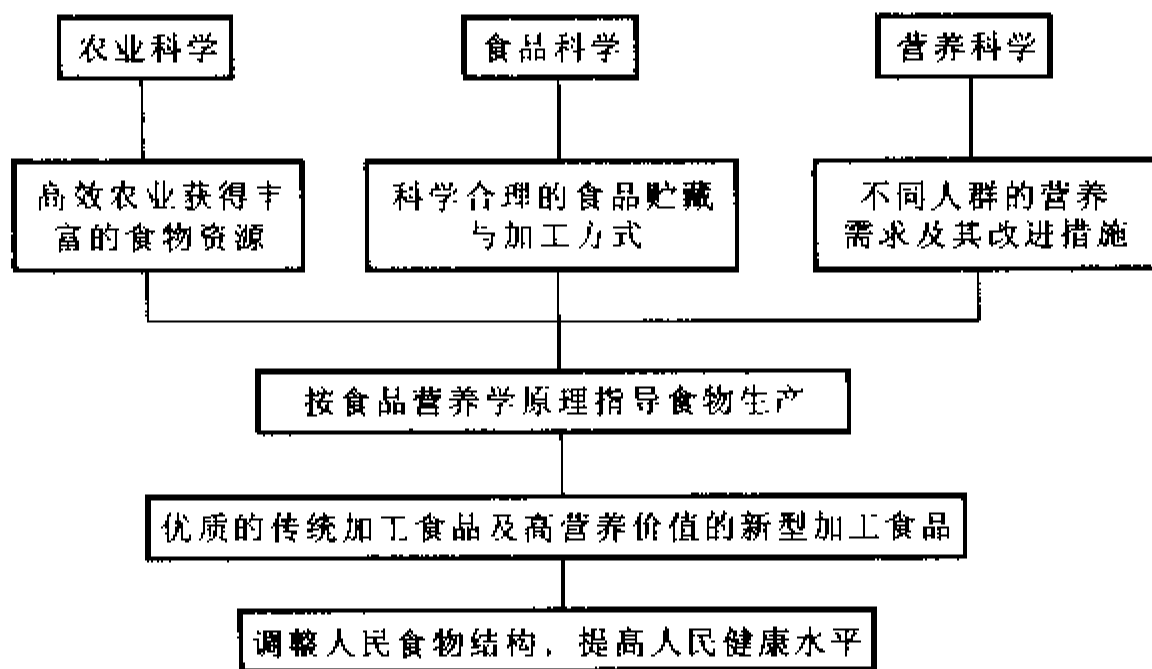
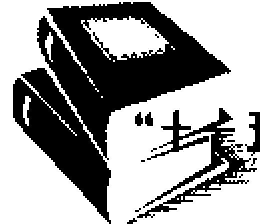


图1—2　食品营养学与食品科学、农业科学关系示意图



五、食品营养学的研究任务、内容和方法

(一)研究任务

食品营养学是营养学的一门分支学科,它既是研究食物组成成分及营养价值的科学,又是研究食品营养与人体健康的科学,也是研究食品营养与食品贮藏加工关系的科学。食品营养学的主要任务是研究食品营养与健康的关系,即在全面理解人体对能量和营养素的正常需要及不同人群食品营养要求的基础上,掌握各类食品的营养价值,并学会对食品营养价值的综合评定方法,能将评定结果应用于食品生产、食物新资源开发等方面,使我国食品工业在不断发展的同时提供具有高营养价值的新型食品,为调整我国居民的膳食结构、改善营养状况和健康水平服务。

食品加工与营养学之间的关系日益密切,并越来越受到人们的重视,对于从事食品科学或食品加工的人来说,必须考虑食品加工对营养素的影响,尽量减少食品加工、保藏等过程中营养素的损失,并进一步改善食品的营养价值等问题。

(二)研究内容

(1)研究营养学基础知识,主要讨论人体对能量和营养素的正常需要、营养素在人体内的代谢与生理功能以及营养素的食物来源与其他来源等。

(2)介绍各类食物的营养价值及加工贮藏对食物营养价值的影响,即以食物为主要对象,研究食物的种类与性质、营养成分与其他组成,研究食物中的有毒物质及食品新资源的开发利用等。

(3)研究不同生理状况下的人群,包括孕妇、乳母、婴幼儿、学龄儿童、青少年以及老人的营养要求与合理膳食。

(4)研究特殊环境条件下人群的食品营养要求,包括高温环境、低温环境、缺氧环境、运动条件及职业性接触有毒有害物质人群的营养要求。

(5)研究食物特定的或新的功能成分与健康的关系,介绍强化食品、保健食品、工程食品以及膳食营养与健康的关系。

(6)根据营养学的理论与数据,适应人们的物质生活条件和饮食文化,经过政府的策划与干预,并尽可能实施个体和人群的适宜食物结构与平衡膳食,以保证合理营养。这部分体现在社区营养部分,包括营养监测、营养调查、膳食营养素参考摄入量的制定与应用、膳食结构与膳食指南、食谱编制以及改善社区营养的宏观措施。

(三)研究方法

研究和解决食品营养学的理论和实际问题的方法有:食品分析技术和生物学实验方法、营养调查方法、生物化学、食品化学和食品微生物学方法、食品毒理学方法以及新营养食品设计研究方法等。

六、我国居民的膳食与营养变迁

(一)我国居民目前的营养状况

目前我国国民经济经过了持续的发展,人民生活水平有了明显提高,膳食结构发生了明显

变化，居民的膳食营养状况也随之发生显著变化。2004年10月国务院公布我国居民营养与健康状况调查结果，显示近10年我国城乡居民的膳食、营养状况有了明显的改善，营养不良和营养缺乏的患病率虽在继续下降，但同时却面临着营养缺乏与营养失衡的双重挑战。

从食物供应情况看，人均每日能量和蛋白质的摄入水平已基本达到推荐的营养素供给量标准。从食物消费的种类看，肉、禽、蛋等动物性食物消费明显增加，优质蛋白质比例上升，但奶类、豆类摄入过低。农村居民脂肪和碳水化合物供能比分别为28%和61%；而城市居民谷类消费偏低（谷类供能比仅47%，明显低于60%左右的合理范围），畜肉类及油脂消费过多，脂肪供能比达35%，超过WHO推荐的上限30%。体重超重者日益增多，与膳食结构不合理有关的心、脑血管疾病等慢性非传染性疾病患病率上升迅速，高血压患病率有较大幅度升高，成人超重率为22.8%、肥胖率为7.1%（大城市成人超重率与肥胖率分别高达30%和12.3%），儿童肥胖已达8.1%。18岁以上居民高血压和糖尿病患病率分别达18.8%和2.6%，成人血脂异常患病率18.6%。同时微量营养素缺乏是城乡普遍存在的问题，以钙、铁、维生素A缺乏最为突出。贫血患病率城乡平均仍达15.2%，维生素A边缘缺乏率为45.1%（其中城市29%、农村49.6%），全国城乡钙人均摄人仅391mg，相当于推荐量的41%。由于喂养不当，农村地区儿童营养不良的情况仍较严重，5岁以下儿童生长迟缓率和低体重率仍分别为17.3%和9.3%。以上数据说明我们在发展经济、发展农业与食品加工业的同时，应重视提高全民的健康意识和营养学知识，大力开展营养科普宣传教育，指导人们选择和搭配食物，提高营养水平，提高人们的健康水平。

（二）我国居民的膳食与营养变迁

美国学者Popkin提出了膳食和营养状况变迁的三个阶段，即饥饿减少、慢性疾病和行为改变阶段。2005年7月，中国营养学会首次发布了“中国居民营养膳食与营养状况变迁”系列报告，指出我国膳食结构进入慢性疾病时期，特点是从膳食匮乏低劣和体力活动强大为主的状况向能量、脂肪过多同时缺少运动占主导的状况转变。变迁首先发生在城市家庭，然后在农村家庭，且从高收入群体向低收入群体过渡。其主要体现在以下5个方面：

（1）肉类食品增加。我国城市居民肉类所占供能比由1992年的15.2%增加到2002年的19.2%。从1961年到2000年，全世界所吃的动物性食物增加了2倍，而我国居民所吃猪、牛、羊等动物性食品竟增加了10倍，即膳食结构中动物性食物及脂肪摄入迅速增加，谷类食物摄入下降。10年来我国18岁上居民因肥胖引起的高血压患病率上升了31%。

（2）水果、蔬菜摄入下降。我国城市居民每天水果消费量由1992年的80.1g下降到2002年的69.3g，蔬菜则由319.3g下降为251.9g。

（3）蛋糕、果汁、冰淇淋等甜品种类不断增加，饮料常替代作为日常饮用水，人们的膳食慢慢变甜。

（4）我国居民口味有所淡化，食盐平均摄入量由1992年的14g下降为2002年的12g，但仍为WHO建议（WHO建议≤5g）的2倍。

（5）家用电器、汽车等的出现，使静态生活时间延长，日常体力活动强度下降。

（三）我国食物与营养发展目标

食物结构的调整是一项基本国策，也是一项十分复杂的系统工程，涉及随着人口、营养、农

业生产、食品工业、商业、消费水平以及文化教育水平等因素的变迁而不断改变的食物结构,并且要与国民经济发展基本协调,要符合我国国情,与各类食品生产能力基本协调,与城乡居民的经济收入水平基本协调,与传统饮食文化基本协调。2010 年我国食物与营养发展的总目标包括:

(1)保障充足的食物供给,到 2010 年全国主要食物生产总量的安全保障目标为:粮食 5.7 亿吨,豆类 2300 万吨,蔬菜 3.7 亿吨,水果 7300 万吨,油料 3400 万吨,糖料 1.3 亿吨,肉类 600 万吨,蛋类 2700 万吨,奶类 2600 万吨,水产品 5000 万吨。

(2)保障合理的食物摄入量,人均年主要食物摄入量为:口粮 155kg,豆类 13kg,蔬菜 147kg,水果 38kg,食用植物油 10kg,食糖 9kg,肉类 8kg,蛋类 15kg、奶类 16kg,水产品 16kg。

(3)保障合理的营养素摄入量,人均日摄入能量 9.6MJ(2300kcal),其中 80% 来自植物性食物,20% 来自动物性食物;蛋白质 77g,其中 30% 来自动物性食物;脂肪 70g,提供的能量占总能量的 25%;钙 580mg,铁 23mg,锌 12mg;维生素 B_1 1.2mg,维生素 B_2 1.4mg,维生素 A 775μg 视黄醇当量。

(4)降低营养不良性疾病发病率,5 岁以下儿童低体重发病率降至 5%、生长迟缓率降至 15%、孕妇和儿童贫血患病率分别降至 20% 和 15%。4 个月以内的婴儿普及母乳喂养,4 个月以上的婴儿应逐渐补充各种辅助食品。



思考题与习题

1. 什么是营养?什么是营养学和食品营养学?
2. 什么是营养素和非营养素?
3. 食品营养学与食品科学及农业科学的关系如何?
4. 食品营养学的主要研究任务和内容是什么?
5. 我国居民目前的营养状况如何?

第二章　食物的消化与吸收

学习目的与要求

1. 了解人体消化系统的组成和结构、各器官功能及在营养素消化吸收过程中的作用和意义

2. 了解营养素消化吸收的机理、消化吸收的过程及影响因素。

3. 了解代谢产物的排泄等，为更好地学习和理解食品营养学奠定基础。

第一节　人体的消化系统

人体的消化系统如图2—1所示，由消化道和消化腺两部分组成。消化道主要包括口腔、咽、食管、胃、小肠、大肠和直肠。消化腺则由口腔唾液腺、胰腺、肝脏、消化管壁内的小腺体，如胃腺、小肠腺等组成。消化道和消化腺在对食物的消化吸收功能中承担着各自的作用，同时也相互配合，联合作用，共同完成食物中各种成分的消化和吸收。

一、消化道

（一）口腔

口腔是消化道的起始部位，与咽联通。口腔内的牙齿和舌相互配合，对食物进行咀嚼、吞咽。舌表面和侧缘有味觉感受器，称为味蕾，具有感觉各种味觉的功能。口腔内的唾液由唾液腺分泌，具有湿润口腔黏膜、清洁口腔、混合食物形成食团有利于吞咽的功能，同时还有一定的消化作用。

（二）胃

胃是消化道最膨大的部分，胃上端与食道相连的入口处称为贲门；胃下端与十二指肠相连的出口处称为幽门。胃的主要作用之一是储存食物。胃脏中含有一定量的食物储存，可使人体具有饱腹感。因此，一般情况下，普通人一日需进餐2～3次。胃的不断蠕动，使食物与胃液不断混合，成为一种半流质的食糜，然后胃以最适合小肠消化吸收营养素的速度将食糜排入小肠。

（三）小肠

小肠是消化管最长的一段，上端起自胃的幽门，下端与盲肠相连。成年人的小肠全长约5～7m，分为十二指肠、空肠和回肠3部分。十二指肠位于上腹部，长约25cm，呈“C”形包绕胰



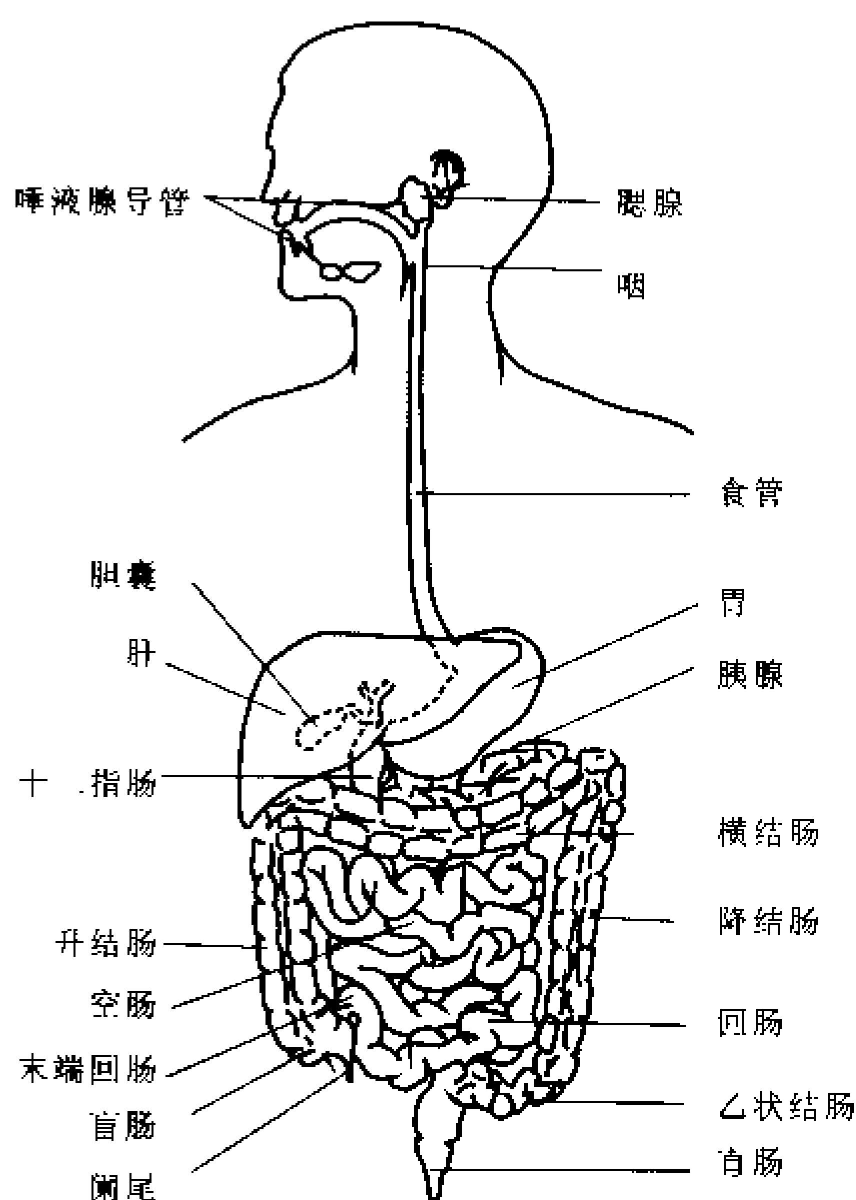


图 2—1　消化系统全貌

头;空肠和回肠迂曲盘旋于腹腔中下部。

小肠是食物消化吸收最重要的场所。胰腺分泌的各种消化酶和胆囊分泌的胆汁,都通过特殊的管道进入小肠,在小肠内发挥消化作用。小肠黏膜细胞的组织结构也使小肠成为一个重要的消化吸收食物营养素的有效场所,如图 2—2 所示,小肠黏膜具有环形皱褶,在显微镜下观察,小肠黏膜皱褶的表面具有大量指状突起绒毛。每一条绒毛的外面是一层柱状上皮细胞,在柱状上皮细胞的顶端有明显的纵纹。用电子显微镜进一步观察,这些纵纹实际是柱状细胞的表面突起,称为微绒毛。小肠的这种特殊的组织结构,使小肠黏膜的吸收面积增加了 600 倍。小肠绒毛内还含有丰富的平滑肌、神经丛、毛细血管、毛细淋巴管等组织,毛细淋巴管和毛细血管是营养素吸收后转运到人体血液循环系统的通道。

(四)大肠

大肠是消化管的末段,包括盲肠、阑尾、升结肠、降结肠、乙状结肠、直肠等。未能被小肠消化吸收的食物残渣随着肠道的运动排入大肠,其中的水分可以被人体吸收,其余的食物残渣经过大肠中细菌的分解、发酵、腐败作用形成粪便。粪便还包括肠道脱落的细胞和大量的细菌。

大肠的运动缓慢,对各种刺激的反应也比较迟缓,这些特点是与大肠作为粪便的暂时贮存

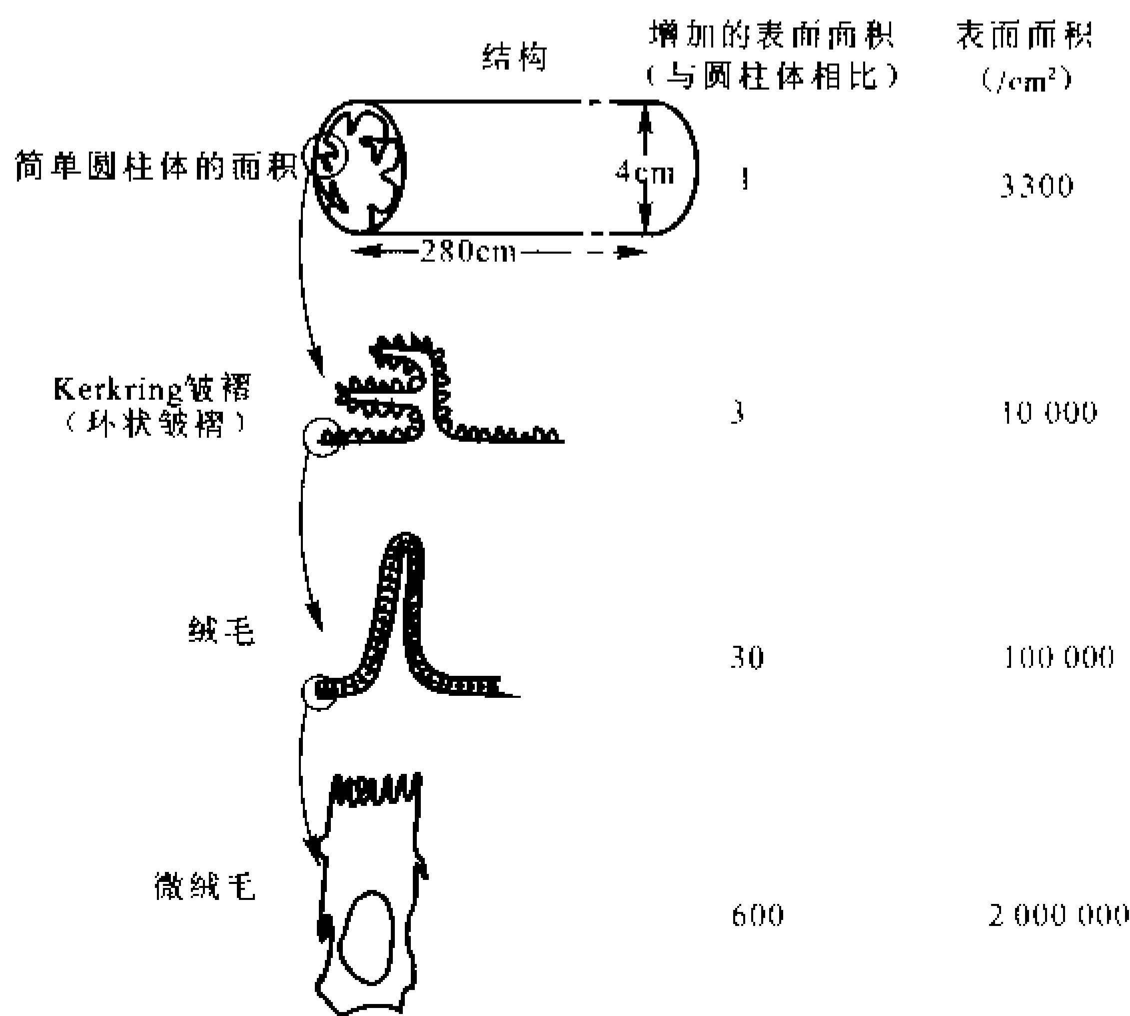


图 2—2 小肠组织结构示意图

所和定时排便相适应的。

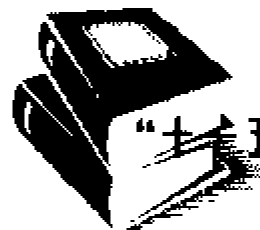
二、消化腺

消化腺是分泌消化液的器官，主要包括唾液腺、胃腺、胰腺、肝脏和肠腺等。其中胃腺和肠腺分布在消化道管壁内，属于管内腺，而其他消化腺则分布在消化道外，属于管外腺，其分泌的消化液都进入消化道内。

（一）胰腺

胰腺是最重要的消化腺，呈长条形，位于胃的后方，分头、体、尾三部分。胰腺具有内分泌和外分泌的功能。胰岛素属于内分泌激素，由胰腺胰岛中的 B 细胞分泌；胰液属于外分泌物，由胰腺的腺泡细胞和小导管细胞分泌，进入腺泡的导管并汇入一条横贯全腺体的胰管。胰管经胰尖穿出，与胆总管汇合，共同开口于十二指肠乳头顶端，分泌的胰液由此流入肠腔。

胰液是无色、无臭的碱性液体，pH7.8～8.4，正常人每日的分泌量为 1～2L。胰液中含有无机物和有机物，无机成分中最重要的是胰腺小导管细胞分泌的水、碳酸氢盐及其他无机离子，它们使小肠肠液呈弱碱性，减少胃酸对小肠黏膜的侵蚀，同时也为小肠内的各种消化酶提供最适宜的 pH 环境。胰腺腺泡细胞所分泌有机物为各种消化酶，其中胰淀粉酶、胰脂肪酶、胰蛋白酶原、糜蛋白酶原是食物营养素消化最重要的酶。



(二)肝脏

肝脏是人体最大的腺体。成年人肝脏重约1500g,分为左右两叶,右叶大而厚,左叶小而薄。肝脏的基本结构和功能单位是肝小叶,肝小叶由贯穿肝小叶中央的中央静脉、呈放射状排列的肝细胞索、细胞索之间的肝血窦、相邻两条肝细胞索之间的毛细胆管等组成。肝细胞不断分泌胆汁,进入毛细胆管,经小叶间胆管流到左右肝管,再经肝总管进入胆囊管入胆囊贮存。胆囊可以吸收水分使胆汁浓缩。进餐后,胆囊收缩,将胆囊内贮存的浓缩胆汁排入十二指肠,帮助脂肪的消化与吸收。

(三)唾液腺

唾液腺由腮腺、颌下腺和舌下腺共同组成。其中腮腺是最大的唾液腺,口腔黏膜中还有无数的小唾液腺,唾液就是由这些小的腺体分泌的混合液。

正常人每日分泌的唾液约1000~1500mL,其中99%是水分,其余1%则由α-淀粉酶、舌脂肪酶、溶菌酶、黏蛋白以及黏多糖等成分组成。虽然食物在口腔中停留的时间很短,但对于食物的消化吸收却起着十分重要的作用。

(四)胃腺

胃腺主要分泌胃液。根据分泌物的性质和功能不同,胃腺又可分为:

1.贲门腺

分布在胃与食管的连接处,是分泌黏液的黏液腺

2.泌酸腺

分泌胃酸、胃蛋白酶原和黏液,主要分布在胃底和胃体;泌酸腺的腺细胞还分泌一种称为内因子的糖蛋白,是维生素B_{12}吸收不可缺乏的物质。

3.幽门腺

分泌的主要是碱性黏液。

胃液是以上各种胃腺分泌液的混合液,对食物在胃脏中的消化、维持消化食物所需要的内环境,以及保护胃黏膜的完整性等都具有重要的作用。

在空腹状态时,胃液只分泌少量黏液、胃蛋白酶原,但几乎无胃酸的胃液;进食动作发生时或与食物有关的刺激出现时,胃液的分泌量明显增加。此时胃液的分泌量约占整个消化期分泌量的30%,但酸度和胃蛋白酶原的含量比较高。人体的情绪、食物的感官性状都会影响胃液分泌的质和量。当食物进入胃后,食物的化学性和机械性刺激,都会引起胃液的分泌,此时分泌的胃液量很大,约占总胃液分泌量的60%,且酸度高,但胃蛋白酶原的含量则有所下降。食糜进入十二指肠后,还能引起少量胃液的分泌,约占总胃液分泌量的10%左右。

(五)小肠腺

小肠腺分布在小肠内,由肠腺和十二指肠腺组成。十二指肠腺分布在十二指肠黏膜下层中,分泌碱性液体,含有黏蛋白,黏稠度很高,主要的机能是保护十二指肠的黏膜上皮不被酸性胃液侵蚀。肠腺分布在小肠黏膜内,其分泌液构成了小肠液的主要成分。

小肠液是一种弱碱性液体,成年人每日肠液的分泌量约为1000~3000mL,但分泌量变化

的幅度比较大：小肠内食糜的量越大，小肠液的分泌量就越多。小肠液可以稀释从胃进入小肠的消化中间产物，有利于这些消化产物在小肠内的消化和吸收。小肠液分泌后又被微绒毛重吸收，这为维持内环境的稳定以及为小肠内营养素的吸收提供了媒介。肠壁内神经丛对食糜引起的小肠黏膜的机械性刺激和化学性刺激的局部反射，是引起小肠液分泌的主要机制。小肠黏膜对肠壁的扩张性刺激十分敏感，小肠内的食糜量越多，食糜在小肠中停留的时间越长，小肠液的分泌量就越大。

由小肠腺分泌后进入肠腔的酶可能只有肠激酶，它能够激活胰液中的胰蛋白酶原，对食物蛋白质的消化具有重要的作用。而小肠黏膜上皮细胞的表面却含有多种消化酶，包括分解肽链的酶，如二肽酶、三肽酶，分解中性脂肪的酶，以及分解4种二糖的酶，即蔗糖酶、麦芽糖酶、异麦芽糖酶、乳糖酶等。这些酶可以催化在小肠黏膜表面的营养素分解，分解的产物随后进入小肠黏膜的上皮细胞内。这类存在于小肠上皮细胞表面的消化酶可以随着细胞的脱落进入小肠液，但对小肠内营养素的消化作用并不十分重要。

（六）大肠液

大肠液是由大肠黏膜表面的柱状细胞和杯状细胞所分泌的，其主要成分为黏液，此外还包括水分和碳酸氢盐。因此，大肠液是一种有黏性的碱性液体，pH为8.3～8.4。大肠液中虽然含有少量的二肽酶和淀粉酶，但对于食物中蛋白质和淀粉的消化作用意义并不大。

大肠黏液可以润滑粪便，减少食物残渣对肠黏膜的摩擦。它还能使食物残渣黏连，有利于粪便的形成。碱性大肠液还能中和粪便内细菌活动产生的酸，保护大肠壁不受侵蚀。大肠内的温度和酸碱度有利于细菌的生长繁殖，细菌体内含有一些分解食物残渣的酶，对食残渣成分会有一定的改变。

第二节　食物的消化

食物中的主要营养素，如蛋白质、脂肪、碳水化合物等都是大分子的有机化合物，不能被人体直接吸收，必须先分解为结构简单、可溶性的小分子物质，如氨基酸、甘油、脂肪酸、葡萄糖等，才能被消化系统转运到血液循环系统，并被机体利用。

食物中营养素在消化道内分解为可吸收的小分子物质的过程，称为消化。消化的形式有两种：一种是通过口腔对食物的咀嚼以及消化道肌肉的收缩和舒张将食物磨碎，并与消化液充分混合，形成食糜，称为机械性消化；而由消化液中各种消化酶对食物中的营养素进行化学分解，使之成为结构简单、能被人体吸收的小分子物质则称为化学性消化。在消化道内，机械性消化与化学性消化相互配合、互相促进、同时进行，共同完成对食物的消化。

一、口腔内的消化

人体对食物的消化过程从口腔开始。口腔通过咀嚼运动对食物进行机械性加工。咀嚼是由咀嚼肌顺序收缩所组成的复杂的反射性运动。牙齿与舌等器官同时配合，将食物咀嚼、磨碎，并与唾液充分混合，形成食团，经过吞咽入胃。咀嚼肌属于骨骼肌，可以做随意运动。但在正常情况下，它的运动还是受口腔感受器和咀嚼肌内的本体感受器冲动调节的。

口腔的消化以机械性消化为主，但化学性消化在口腔中也起到相当重要的作用。特别是



唾液中含有的α-唾液淀粉酶,能将食物中的淀粉部分分解为麦芽糖。舌脂肪酶也能将甘油三酯部分分解为脂肪酸和甘油二酯。因此,细嚼慢咽不但有利于食物的机械性消化,也有利于食物在口腔中的化学性消化。

由唾液腺所分泌的唾液在口腔对食物的消化过程中扮演着十分重要的角色。除α-唾液淀粉酶和舌脂肪酶的消化作用外,唾液还含有溶菌酶,能清洁口腔,减少细菌的繁殖。唾液中大量的水分能湿润口腔,利于吞咽和说话。水分还能溶解食物中呈味物质,产生味觉等。因此,口腔作为人体消化系统的起始器官,在影响人体的食欲、对食物的选择等方面起着十分重要的作用。

口腔不仅完成对食物的机械性消化和一部分化学性消化,它还能反射地引起胃、胰、肝、胆囊等消化腺的活动以及引起胰岛素的分泌等变化,为食物的消化,特别是在小肠中的消化过程提前做好准备。

二、胃内消化

胃是消化道中膨大的部分,具有贮存食物和消化食物的双重功能。咀嚼和吞咽时,食物对咽、食管等感受器的刺激,通过迷走神经反射地引起胃体和胃底肌肉的舒张,这种受容性的舒张,使胃容量可以由空腹时的50mL增加到1~2L,但并不出现压力的改变。

(一)胃的蠕动与排空

食物进入胃后约5min,蠕动就开始了。胃的蠕动从胃中部开始,有节律地向幽门方向进行。胃蠕动的频率大约是每分钟3次,约1min到达幽门。胃的蠕动波初起时比较小,在向幽门传播的过程中,波的速度和深度都逐渐增加,当接近幽门时,明显增加,可以将一小部分食物排入十二指肠。但并不是所有的蠕动波都能到达幽门,有些蠕动波到胃窦后就消失。一旦收缩波超越胃内容物,并到达胃窦时,就会产生有力的收缩,胃内容物就会被反向推回胃体部。食糜的这种后退对于食物与消化液的混合是十分有利的,而且还能进一步机械性磨碎固体状食物。

食物由胃排入十二指肠的过程称为胃排空。一般情况下,食物进入胃后5min就有一些食糜被排入十二指肠。不同的食物排空所需要的时间不同,这与食物的化学和物理性状有关。一般情况下固体食物比流体食物排空的时间要长;稀的食物比稠的食物排空的时间要短;切碎的、颗粒小的食物要比大块的食物排空速度要快。食物营养素的种类也会影响排空的时间,碳水化合物的排空速度最快,蛋白质次之,脂肪的排空速度最慢。混合食物的排空时间一般需要4~6h。

胃的排空速度还受到神经体液的调节。胃内容物作为胃扩张的机械性刺激,通过壁内神经反射或迷走神经反射,增加胃的蠕动。胃内蛋白质的消化产物,会引起胃窦黏膜释放一种称为胃泌素的物质,它不但会增加胃酸的分泌,也能对胃蠕动有中等程度的刺激,对胃排空有促进作用。但在十二指肠壁有一些感受器,受脂肪、酸、渗透压的变化及机械性刺激的作用,能反射地抑制胃蠕动,使胃排空减慢。当过量的食糜,特别是酸或脂肪由胃进入十二指肠后,可引起小肠释放几种激素,如促胰液素、抑胃肽、胆囊收缩素等,抑制胃的运动,延缓胃的排空。十二指肠中这些抑制胃蠕动的因素也不是经常存在的,但对于控制食糜进入十二指肠的量,以适应小肠对食物消化吸收的速度与时间是十分必要的。

(二)胃液的性质、成分和作用

胃对食物的化学性消化,主要是指对食物中蛋白质的消化,它与胃液中各种成分有着十分密切的关系。

1. 胃酸

胃酸是胃液中的主要成分之一。胃酸的含量通常以单位时间内分泌的物质的量(mmol)表示,称为盐酸排出量。正常人空腹时的盐酸排出量称为基础酸排出量,约为0~5 mmol/L。胃酸是壁细胞主动分泌的,需要消耗大量的能量。胃酸在食物的消化作用中具有特殊的意义,包括:①它能激活胃蛋白酶原,提供胃蛋白酶发挥消化作用所需要的酸性环境。②胃酸进入小肠后能引起促胰液素的释放,增加胰液、胆汁和小肠液的分泌。③胃酸还能杀灭随食物进入胃中的细菌,对于食物安全具有重要的意义。④胃酸能使食物中的结缔组织和肌纤维等蛋白质变性,易于消化。⑤胃液的酸性环境对于钙、铁等无机盐的消化吸收也是必要的。

2. 胃蛋白酶原

胃液中另一重要成分是胃蛋白酶原。胃蛋白酶原由主细胞和黏液细胞合成,在未进餐时,以没有活性的酶原形式贮存。当进餐、迷走神经兴奋等刺激出现时,则引起主细胞和黏液细胞分泌胃蛋白酶原。胃蛋白酶原进入胃腔后,在胃酸的作用下分离出一个小分子的多肽,引起胃蛋白酶原结构的变化,成为有活性的蛋白酶。因此,胃蛋白酶原只有在pH<5.0的酸性环境下才能转化,而且只有在比较强的酸性环境才能发挥其消化功能,最适pH为2~3。当pH增高时,胃蛋白酶的活性下降,这也是胃酸分泌障碍出现消化不良症状的原因之一。

已激活的胃蛋白酶也能促使胃蛋白酶原转变为有活性的胃蛋白酶,即发挥自身催化作用。

胃蛋白酶能水解蛋白质,主要作用于含有苯丙氨酸或酪氨酸的肽键,消化的产物为蛋白胨、小分子多肽和少量的氨基酸。胃蛋白酶对食物蛋白质的消化只是初步的,主要的消化作用还是在小肠。

3. 胃黏液

胃液中含有的黏液由胃黏膜细胞分泌,主要成分是糖蛋白,它与胃腺分泌的其他成分混合在一起,可以润滑胃内的食糜,同时还具有黏滞性和形成凝胶的特点,能覆盖在胃黏膜的表面,形成凝胶保护层,具有防止胃酸和胃蛋白酶对胃黏膜的侵蚀作用。

4. 内因子

胃液中的另一个重要物质为内因子。内因子由壁细胞分泌,它是一种糖蛋白,有两个活性部位,一个部位能与进入胃内的维生素B_{12}结合,另一个活性部位则与远端回肠上皮细胞膜上的受体结合。内因子与维生素B_{12}结合后,可以产生保护作用,避免被小肠中的消化酶水解。如果胃腺内因子分泌障碍,就会出现维生素B_{12}的吸收不良引起的巨幼红细胞贫血。

(三)胃液的分泌和调节

胃液的分泌受许多因素的调节。空腹时,胃只分泌少量的含黏液和少量胃蛋白酶但几乎无酸的胃液。进食是胃液分泌的自然刺激物,通过神经和体液的调节,胃液大量分泌。

进食时,有关食物的形象、气味、声音等都会刺激人体的视、嗅、听等感觉器官,引起条件反射,促进胃液的分泌。当咀嚼、吞咽食物时,口腔、咽喉等处的化学、物理感受器受到刺激,也可以引起胃液的非条件反射而增加分泌。食物进人胃后,对胃壁产生机械性和化学性刺激,通过

迷走—迷走神经长反射和壁内神经丛的短反射，引起胃液的分泌，也可以通过刺激胃壁和上端小肠上皮黏膜的G细胞而引起促胃液素的释放。

进入小肠后的食糜，能轻度增加胃液的分泌。其主要是通过小肠分泌的一些激素，如肠泌酸素，刺激胃酸的分泌。小肠内的消化产物氨基酸被吸收后，通过血液循环作用于胃腺，也能刺激胃酸分泌。

但有一些因素会抑制胃液的分泌。如情绪低落，会对胃液的分泌产生抑制作用，表现为食欲不佳。当胃酸过多，胃窦 pH < 2.0 时，胃液中的胃酸直接作用于壁细胞，或通过抑制G细胞减少促胃液素的分泌，从而抑制胃酸的分泌。食物中脂肪含量过高也是抑制胃液分泌的重要因素。

三、小肠内的消化

小肠是食物消化的最重要的部位。食糜进入小肠后就开始了消化过程。

(一) 小肠的运动与机械性消化

小肠的运动与胃不同，可分为三种形式，即紧张性收缩、分节运动和蠕动。这三种运动形式在小肠对食物的消化和吸收过程中发挥着不同的作用。

紧张性收缩是其他运动形式的有效基础。小肠的肠壁在一定紧张度的情况下，食糜才能在其中混合和转运。

分节运动的作用主要在于使食糜与消化液充分混合。分节运动是以小肠的环形肌为主的节律性收缩与舒张运动。在食糜所在的一段肠管上，环形肌在许多点同时进行收缩，将食糜分为许多节段。随后，原来收缩的地方舒张，原来舒张的地方收缩，使原来食糜的节段分为两半，相邻的两半就合并为新的一段(详见图2—3)。如此反复，食糜不断地分开，又不断混合，虽不能让食糜向前推进，但却可以使消化液与之充分接触，有利于化学性消化过程的进行。同时，这种运动也让食糜与小肠壁紧密接触，为营养素的吸收过程创造良好的条件。分节运动在空腹状态下几乎不存在，只有进食后才逐渐增强。

小肠蠕动可以发生在小肠的任何部位。蠕动的意义是使经过分节运动的食糜向前推进一步，到达一个新的肠段，再开始分节运动。小肠的蠕动波很弱，也比较慢，通常只进行数厘米后

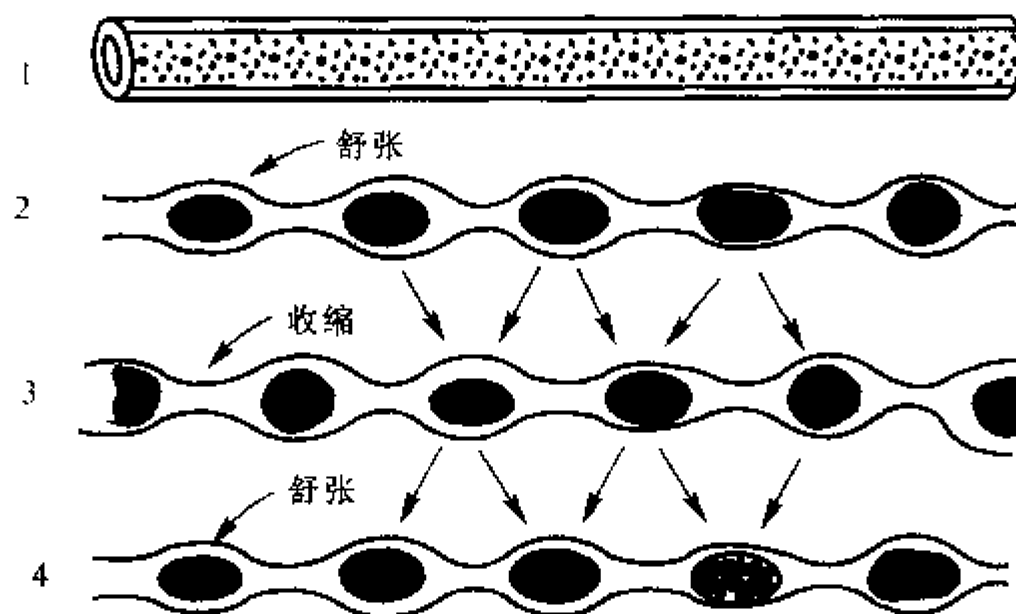


图2—3 小肠的分节运动

就消失了，这样有利于食糜在小肠中的消化与吸收。

小肠的3种运动形式共同作用，对食物在小肠中的消化吸收起着十分重要的作用。小肠的运动受神经体液的调节。机械性和化学性的刺激可通过内在神经丛引起小肠的运动；副交感神经兴奋时，可增加其运动；而交感神经兴奋时，则对其起抑制作用。

食糜由胃进入小肠后，也开始了小肠内的化学性消化。

（二）小肠内的消化酶与化学性消化

1. 胰液的成分与作用

胰腺分泌的胰液中含有多种消化酶，对食物的消化起作相当重要的作用。胰液中的消化酶主要包括：

①胰淀粉酶　胰淀粉酶不需要激活就具有活性，是一种α－淀粉酶，因此对膳食纤维不具有水解作用，可以将淀粉分解为麦芽糖和少量葡萄糖。胰淀粉酶的水解效率高，速度快，发挥作用的最佳pH为7.0。

②胰蛋白酶原和糜蛋白酶原　这两种水解蛋白质的酶都以无活性的酶原形式存在于胰液中，通过小肠液中肠激酶的激活，形成有活性的胰蛋白酶。胰蛋白酶也能激活胰蛋白酶原，起自身催化作用。有活性的胰蛋白酶还能进一步激活糜蛋白酶原，使它也成为有活性的酶，发挥对食物蛋白质的消化作用。胰蛋白酶和糜蛋白酶一同作用于食物蛋白质时，可以消化蛋白质为小分子多肽和氨基酸。

③蛋白质水解酶　正常胰液中还含有羧基肽酶、内切酶、核糖核酸酶、脱氧核糖核酸酶等蛋白质水解酶。它们也是以无活性的形式存在于小肠液中，胰蛋白酶可对其起激活作用。胰蛋白酶和糜蛋白酶的分解产物，例如多肽，可以被羧基肽酶作用，从多肽末端的肽键释放出具有自由羧基的氨基酸；内切酶则从多肽分子内部的肽键进行水解。后两种酶可使相应的核酸水解为单核苷酸。

④胰脂肪酶　直接以活性的形式分泌进入小肠，将脂肪分解为甘油和脂肪酸，胰脂酶在发挥消化作用时，需要辅脂酶的帮助，因为甘油三酯不溶于水，辅脂酶可将胰脂酶紧密地附着于脂肪微粒的水—油界面上，因而增加其消化效力。胆汁中胆盐可以增加胰脂肪酶的活性，有助于胰脂肪酶的作用。

⑤其他酶　胰液中还含有胆固醇酯水解酶、磷脂酶A_2等，前者可以水解胆固醇酯，使之成为游离的胆固醇和脂肪酸，后者可以水解磷脂成为溶血磷脂和脂肪酸。

由此可见，胰液中含有消化3种主要营养素的消化酶，是所有消化酶中最重要的。当胰腺功能障碍、消化酶的分泌减少或活性下降时，即使其他消化酶的分泌正常，食物中3大营养素也不能完全消化，特别是蛋白质和脂肪的消化会受到很大影响。

在非消化期，胰液几乎是不分泌或很少分泌的。当进食开始后，胰液分泌即开始。因此，食物是促进胰液分泌的自然因素。当与食物有关的因素，如食物的色、香、味、形以及食物对消化道产生了刺激后，都可以通过条件反射及非条件反射引起胰液的分泌。反射通过迷走神经传出。这种反射引起的胰液分泌特点是胰液中酶的含量比较高。而随食糜进入小肠的胃酸对胰液的分泌也具有促进作用，它通过刺激小肠黏膜释放促胰液素而发挥作用。这种刺激所分泌的胰液中水和无机盐的含量比较高，酶的含量相对比较低。蛋白质及脂肪的分解产物也具有相同效应，同时它们还能通过促进小肠黏膜释放另一种激素，即胆囊收缩素来促进胰液的分



泌。因此,胰液分泌的量和成分都直接、间接地与食物成分有关。

2. 胆汁的分泌及作用

胆汁由肝细胞不断生成,由肝管流出,经胆总管至十二指肠,或由肝管转入胆囊并贮存。当发生消化作用时,再由胆囊排至十二指肠。胆汁、胰液和肠液一起,对食物进行化学性的消化过程。

成年人每日生成胆汁约600~1200mL。胆汁的生成量与膳食中蛋白质的含量有关,高蛋白质食物可以增加胆汁的分泌。胆汁的成分比较复杂,主要成分为胆盐、胆色素、磷脂、胆固醇及粘蛋白等;无机物除水外,还有Na^+,K^+,Ca^{2+},HCO_3^-等。pH7.8~8.6,呈弱碱性。胆汁中不含消化酶。

胆盐占胆汁固体成分的50%。胆盐是双嗜性分子,其疏水性的表面朝向内部,亲水性一面朝外与水接触,形成圆筒状的微胶粒。胆盐对脂肪的消化和吸收作用十分重要,在十二指肠,胆盐围绕脂肪微粒呈单层排列,使不溶于水的脂肪油滴分散于水溶液中,与胆汁中的卵磷脂共同作为乳化剂,降低脂肪油滴的表面张力,使脂肪乳化为微滴,分散在肠腔内,增加与胰脂肪酶接触的面积,有利于胰脂肪酶对脂肪的消化作用。

当膳食中脂肪含量比较高,胆盐的分泌量比较多,达到一定的浓度时,胆盐就可以聚合成微胶粒,脂肪的分解产物脂肪酸、甘油、甘油一酯以及脂溶性维生素等可以渗透到微胶粒中,形成混合微胶粒。这种形式使不溶于水的脂肪分解产物能到达肠黏膜的表面,以增加其吸收。因此,胆盐虽然不能直接发挥对脂肪的水解作用,却成为脂肪的分解产物到达肠黏膜的运载工具,具有促进脂肪酸消化吸收的作用。如果缺乏胆汁,食物中40%的脂肪则不能被人体吸收。脂肪酸的吸收对脂溶性维生素的吸收也具有帮助作用。因此,胆汁分泌障碍时,脂溶性维生素也会产生缺乏。

胆汁中的胆固醇是肝脏脂肪代谢的产物。在正常情况下,胆汁中的胆盐和胆固醇之间适当的比例是维持胆固醇成溶解状态的必要条件。当胆固醇分泌过多或胆盐减少时,则易于形成胆固醇的结晶,在胆道或胆囊中促进胆固醇形成胆结石。

引起肝细胞分泌胆汁的主要刺激物是通过肝肠循环进入肝脏的胆盐。虽然肝细胞不断生成胆汁,但在非消化期,胆汁一般都进入胆囊内贮存。进餐后,胆汁甚至可以直接由肝脏进入十二指肠。因此,食物是促进胆汁分泌及排出的刺激因素。当食糜进入小肠后,小肠黏膜在脂肪和蛋白质的消化产物及酸性食糜的作用下释放缩胆囊素,缩胆囊素经过血液循环作用于胆囊和Oddi括约肌,引起胆囊的强烈收缩和Oddi的舒张,促进胆囊的排空。在进餐高脂膳食1h后,胆囊可以全部排空。与胰液分泌一样,进食和食物对胃、小肠等的刺激,可以通过神经反射引起胆囊的收缩。迷走神经刺激胆汁的分泌与排泄,胃泌素、促胰液素、胆囊收缩素等都可以通过体液因素来参与调节胆汁的分泌。

3. 小肠液的分泌及作用

小肠液是由十二指肠腺和小肠腺分泌的一种弱碱性等渗体。

十二指肠腺分泌富含黏液和水的碱性液体,主要的作用是保护十二指肠黏膜免受消化液的消化,并与胰液、胆汁等消化液一起,中和进入小肠内的酸性胃液。

小肠液的分泌量变化范围很大,成年人每天小肠液的分泌量可以在1~3L,pH为7.5~8.0。小肠液分泌后,又被小肠绒毛再吸收,这样不但保证了体液的稳定,也为小肠内营养素的吸收提供了运载工具。大量的小肠液稀释消化产物也有利于小肠细胞对营养素的吸收。

小肠液中只含有肠激酶。肠激酶能激活胰液中的胰蛋白酶原，使之变为有活性的胰蛋白酶。小肠其他的消化作用是在小肠上皮细胞的纹状缘和上皮细胞内进行的。小肠黏膜细胞表面内含有多种消化酶，如水解多肽的酶，将胰蛋白酶、糜蛋白酶分解的中间产物，如二肽、三肽等小分子多肽最终消化为氨基酸；分解中性脂肪的脂肪酶，以及4种分解双糖的酶，如蔗糖酶、麦芽糖酶、异麦芽糖酶、乳糖酶等，将这些双糖最终分解为能被人体小肠吸收的葡萄糖、果糖、半乳糖等单糖。人体肠道黏膜细胞只能吸收这些营养物质的单体，因此，小肠在完成营养素的消化过程中起着十分重要的作用。有些人群先天性或后天性缺乏乳糖酶，在食用乳类及乳制品后，由于不能消化乳糖，使肠道渗透压增加，同时细菌分解乳糖产酸、产气，引起腹胀、腹痛、腹泻等急性消化道症状，称为乳糖不耐症。

与胰液及胆汁不同，小肠液的分泌是经常的，但在不同的条件下分泌量的变化可以很大。食糜对小肠黏膜的机械性刺激和化学性刺激都可以引起小肠液的分泌。小肠内的食糜越多，小肠液的分泌量也越大。这些刺激是通过小肠黏膜的局部神经丛的反射引起的。迷走神经的兴奋也会引起小肠液的分泌。其他的胃肠激素，如胃泌素、促胰液素、胆囊收缩素等也都会引起小肠液的分泌。

食物在小肠内的停留时间，随食物的性质而有不同，一般为3～8h。食物通过小肠后，消化过程就基本完成，未经消化的食物残渣从小肠进入大肠。

4. 大肠内的消化

人类的大肠没有重要的消化功能，其主要作用是吸收水分、无机盐及由大肠内细菌合成的维生素 B_{12}、维生素K等，贮存未消化的食物残渣，并形成粪便，排出体外。

在未消化的食物残渣中，有很大一部分是膳食纤维，主要有纤维素、半纤维素、木质素及果胶等成分。膳食纤维不能被人体消化吸收，但它们在大肠中可以吸收水分，使肠道内容物的体积增大、变软，从而刺激大肠运动，使粪便在大肠中的停留时间变短。食物残渣停留在大肠时，大肠内的细菌对其也会产生发酵及腐败作用。因此，在大肠内最终形成的粪便，包括了未消化吸收的食物残渣、消化道脱落的上皮细胞碎片、黏液、活的细菌和死的细菌、胆色素等。

因此，膳食纤维刺激肠道的运动，使粪便在肠道停留的时间变短，减少了肠道中有害细菌及有毒代谢产物与肠壁接触的时间，有利于人体的健康。许多研究还表明，膳食纤维还能与胆汁酸结合，减少了胆汁酸的肝肠循环，使肝脏更多地利用血液中的胆固醇合成新的胆汁酸，从而具有降低血胆固醇的作用。

第三节　营养素的吸收

一、营养素吸收的场所

（一）吸收的概念

吸收是指食物中的小分子物质或经消化后的产物通过消化道上皮进入血液和淋巴的过程。食物中营养素的消化是吸收的重要前提。在食物进行消化的过程中，有部分营养素被吸收。因此，消化和吸收又是两个不可完全分开的过程。

消化后的小分子营养物质在消化道被吸收，但吸收的部位和吸收的速度与消化道的组织

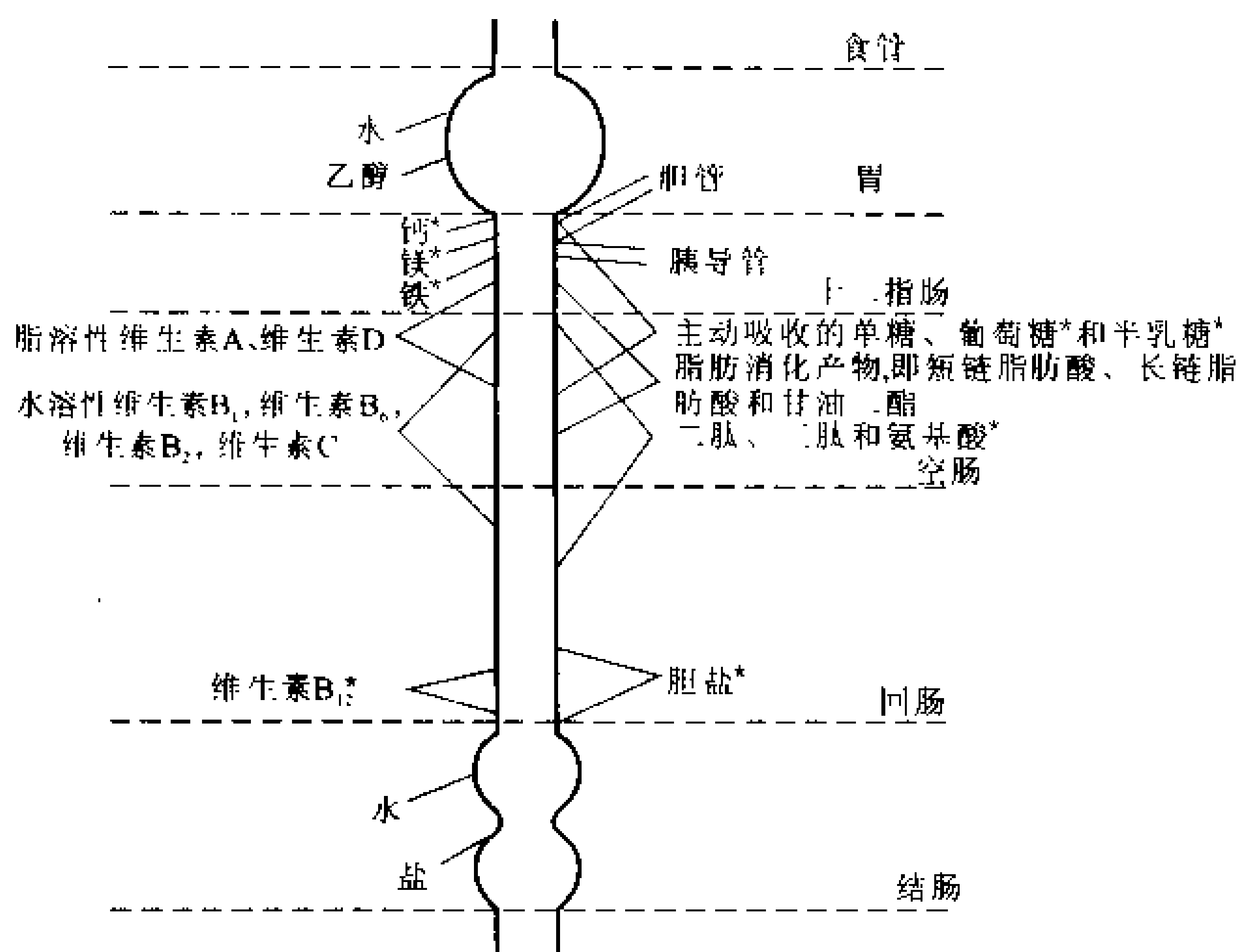
结构、食物被消化的程度以及食物在消化道内停留的时间等都有着密切的关系。

(二)吸收的部位

在口腔和食道内,只有一些脂溶性的药物,如硝酸甘油可以通过口腔黏膜被吸收,迅速进入血液,其他食物是不能被吸收的。

胃脏也不是吸收营养素的主要场所,但可以吸收少量水分,酒精也能被吸收。

小肠则是吸收营养素的主要场所。一般情况下,碳水化合物、蛋白质、脂肪的消化产物大部分在十二指肠和空肠被吸收,胆盐和维生素 B_{12} 在回肠被吸收,详见图 2-4。因此,小肠内容物进入大肠时,除一部分水和无机盐外,基本上不含可被吸收的营养素了。



*表示主动转运 钙可在小肠各部分,特别是十二指肠中吸收

图 2-4 营养素在肠中的吸收部位

小肠作为吸收营养素的主要场所,与其组织结构有着十分密切的关系。如前所述,小肠黏膜的环形皱褶、绒毛结构以及电子显微镜下的微绒毛结构,使小肠黏膜吸收面积与同样长短的简单圆柱体的面积相比,约增加 600 倍,可达 $200m^2$ 左右。小肠绒毛内还含有丰富的毛细血管、毛细淋巴管、平滑肌纤维等结构,毛细淋巴管纵贯绒毛中央,称为中央乳糜管。肠内容物的机械和化学性刺激通过局部反射,可以使绒毛产生节律性的伸缩和摆动,进一步加速毛细血管和中央乳糜管中吸收的营养素向静脉和淋巴管流动,有利于吸收。在小肠中吸收的物质不仅是由口腔摄入的食物中的营养素,还包括消化腺分泌的消化液中的水分、无机盐等。单就水分来说,每日分泌到消化道内的消化液总量达 6000 ~7000mL,另外从食物中至少摄入 1000mL 的水分,而每日从粪便中排出的水分却只有 150mL 左右。除此之外,小肠每天还要吸收 300g 左右的糖、100g 左右的脂肪和蛋白质。但小肠的组织结构使小肠的吸收能力远远超过这个量,具

有巨大的吸收潜力。

除了在组织结构上具备作为主要吸收场所的条件外，小肠内多种消化酶能对营养素进行水解，在小肠内形成结构简单、能被吸收的小分子物质；食物在小肠内停留大约3～8h，有充足的吸收营养素的时间等，所有这些条件，都使小肠成为吸收营养素的主要场所。

二、营养素的吸收原理

肠腔中被消化的营养素必须先透过消化道肠黏膜细胞膜进入肠黏膜细胞内，再进一步转运至毛细血管或淋巴管。人体消化道黏膜细胞的膜与其他细胞膜结构一样，是由液态脂质双分子层构成的基本构架。从理论上讲，只有脂溶性的营养素才能通过，但食物中营养素大多是水溶性的，说明必须有特殊的物质转运功能才能完成这一过程。食物中营养素从肠腔转运到血液循环中主要以有下几种形式。

（一）单纯扩散

物质分子顺浓度差由高浓度区向低浓度区的净移动称为单纯扩散。“单纯”一词的含义在于说明这是一种单纯的物理过程，以区别于其他复杂的生物体内的生物转运过程。由于细胞膜脂质双层结构构成的屏障，只有脂溶性强的物质才能通过这种方式吸收进入细胞内。因此，人体只有O_2，CO_2，N_2，尿素等脂溶性气体或脂溶性高的小分子物质可以通过这种形式透过细胞膜，因此在营养素的吸收过程中意义不大。

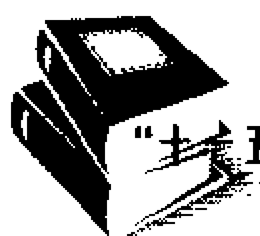
（二）易化扩散

一些非脂溶性物质或脂溶性比较小的物质也能通过细胞膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩散。实验证明，这种形式的物质转运是在细胞膜结构中一些特殊蛋白质的“帮助”下完成的，表现为肠腔中高浓度的物质向肠黏膜细胞低浓度的扩散。营养素中葡萄糖、氨基酸、Na^+和Ca^{2+}等从肠腔进入肠黏膜细胞内的吸收过程都是属于这种易化扩散。易化扩散转运的方向始终是顺浓度梯度的。这些营养素向肠黏膜细胞内扩散的动力与单纯扩散一样，只能由高浓度区向低浓度区扩散，但由于这些特殊蛋白质的参与，使它们的转运速度加快。

在易化扩散的过程中，这些特殊的蛋白质以两种形式出现：一是作为“载体”的形式出现，一是经通道的易化扩散。

1.经载体的易化扩散

葡萄糖的吸收过程就是采用的这种形式。作为载体的蛋白质在进行易化扩散时，有以下的特点：首先是载体和它所转运的物质间存在着高度的结构特异性。例如当肠腔内同时出现同样浓度梯度的左旋葡萄糖和右旋葡萄糖时，右旋葡萄糖的跨膜通过量明显高于左旋葡萄糖，说明转运葡萄糖的载体蛋白只能结合右旋葡萄糖，而对于分子质量相同，只是旋光性不同的左旋葡萄糖却不能结合，显示出高度的结构特异性。其次是饱和现象，即易化扩散的扩散量只在一定的范围内与浓度差呈正比，当膜一侧的浓度增加到一定限度时，扩散的量就不随这种浓度的增加而增加，这主要是因为载体蛋白在细胞膜上的数目与扩散物的结合位点是固定的，这样构成了对物质转运能力的最大限度。超过这一限度时，再增加转运物质的浓度，也不能提高吸收的量。竞争性抑制是载体蛋白在物质转运过程中的另一特点，一些载体蛋白对A、B两种结构类似的物质都具有结合与转运的能力，因此，当增加A的浓度时，就会减弱对B的转运，这是



因为与转运物的位点是一定的,当A的浓度增加后,竞争性地占据了结合位点的结果。

2. 经通道的易化扩散

另一类型的易化扩散,是以通道为中介的易化扩散。这种形式的转运是通过细胞膜上的特殊蛋白质组成的通道进行的。转运的主要是一些离子,如K^+,Na^+,Ca^{2+}等正离子,也有一些负离子,让它们能从膜的高浓度一侧向低浓度转运。中介这一过程的膜蛋白称为离子通道。离子通道的活动表现出明显的离子选择性,即每种通道只对一种或几种离子具有比较高的通透能力,其他离子则不易或不能通过。

在单纯扩散与易化扩散中,分子或离子都是顺着浓度差进行转运的。这些物质在转运时所消耗的能量都来自本身的浓度差或电位差所包含的势能,不需要消耗细胞代谢所产生的能量,因此称为被动转运。

(三)主动转运

主动转运分为原发性主动转运与继发性主动转运两种形式。

1. 原发性主动转运

原发性主动转运是指细胞通过本身的能量消耗过程,在细胞膜上一些特殊蛋白质的帮助下,将一些物质或离子经过细胞膜逆浓度梯度或电位梯度转运的过程。介导这一过程的膜蛋白称为离子泵,离子泵可以将细胞内的ATP水解为ADP,利用高能磷酸键贮存的能量完成离子的跨膜转运过程。

2. 继发性主动转运

直接利用ATP的能量逆浓度差进行的主动转运过程,称为原发性主动转运;在细胞膜的物质转运过程中,如果这种物质的逆浓度差转运的能量来源,不是直接来源于细胞ATP的代谢,而是来源于原发性主动转运形成的一些离子浓度的势能贮存,称为继发性主动转运。葡萄糖和一些氨基酸的继发性转运见图2—5。

例如,细胞外的Na^+浓度为细胞内的12倍,细胞内的K^+浓度为细胞外的35倍,人体细胞依靠原发性主动转运过程将肠腔中K^+移入肠黏膜细胞内,同时将肠黏膜细胞内的Na^+移出细

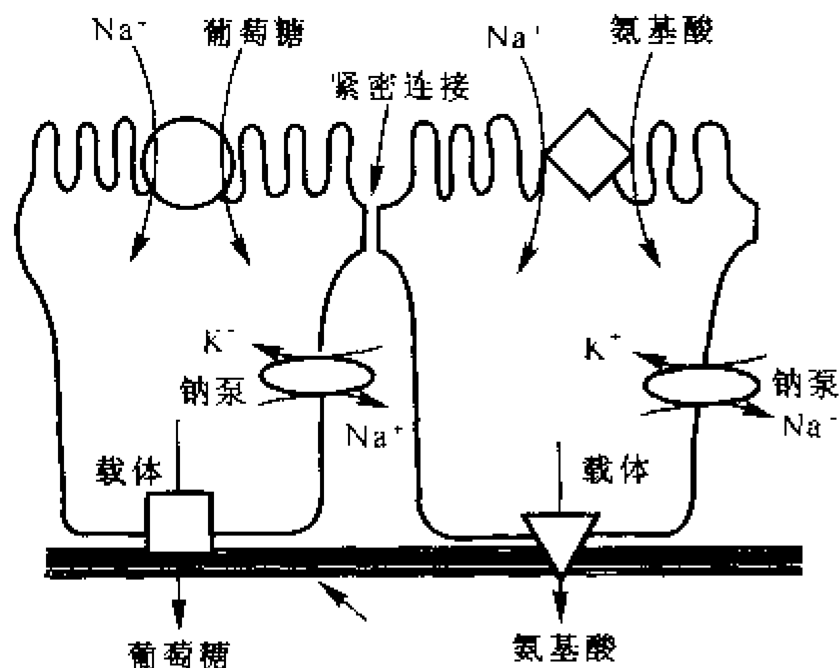


图2—5 葡萄糖和一些氨基酸的继发性转运示意图

胞外,进入血液循环,这个运转的过程是逆浓度差和电位梯度的原发性主动转运过程,消耗了细胞的ATP,维持了细胞内外离子浓度的不均衡分布,同时也建立了一种势能的贮存。这种势能的贮存为继发性的物质转运提供了能量来源,在葡萄糖和氨基酸的主动吸收过程中,葡萄糖或氨基酸与Na^+、载体蛋白质结合,依靠Na^+所建立的细胞膜内外的势能贮备,一起转运进入细胞内,完成了营养素的吸收。

(四)入胞作用和出胞作用

上面所叙述的三种营养素吸收形式主要是一些小分子物质或离子的转运形式,但对于一些大分子物质来说,其吸收过程则需要用更为复杂细胞膜的结构和功能的改变,即入胞作用和出胞作用来完成,如图2—6所示。脂肪的吸收过程中,从肠黏膜细胞进入淋巴就是采用出胞作用的原理进行的。甘油三酯在肠腔内分解后的产物脂肪酸及甘油一酯,通过易化扩散先进入小肠黏膜细胞后,在内质网中重新合成为甘油三酯,并与载脂蛋白结合,形成乳糜微粒;乳糜微粒一旦形成,就进入高尔基体中,许多乳糜微粒被包裹在一个囊泡内;当囊泡移行至细胞膜侧时,细胞受到特殊的化学刺激或细胞膜的电化学改变,引起细胞外Ca^{2+}进入细胞内,就能触发囊泡膜与细胞膜的融合,膜破裂形成一小孔,囊泡内容物乳糜微粒就进入淋巴液中,完成了脂肪进入小肠黏膜细胞,再转运至淋巴液的吸收过程。

小肠中的一些小分子蛋白质,有时也可以直接被人体吸收,而不需要分解成氨基酸。这种小分子蛋白质吸收的机理与氨基酸有很大的不同,它借助于细胞膜形成吞噬泡或吞饮泡的方式进入细胞内,称为吞噬或吞饮。吞噬的过程,首先是蛋白质被小肠黏膜细胞识别,并与细胞膜上的受体特异性结合,结合部位的细胞膜发生内陷,并逐步将其包绕,最后细胞膜发生融合,于是蛋白质和包绕的膜就进入肠黏膜细胞内。这种入胞形式在营养素的吸收中不是主要方式。但许多大分子的物质在吸收进入血液循环后,进一步被组织细胞利用时,也可以利用这种方式,如结合了Fe^{2+}的运铁蛋白、低密度脂蛋白等。

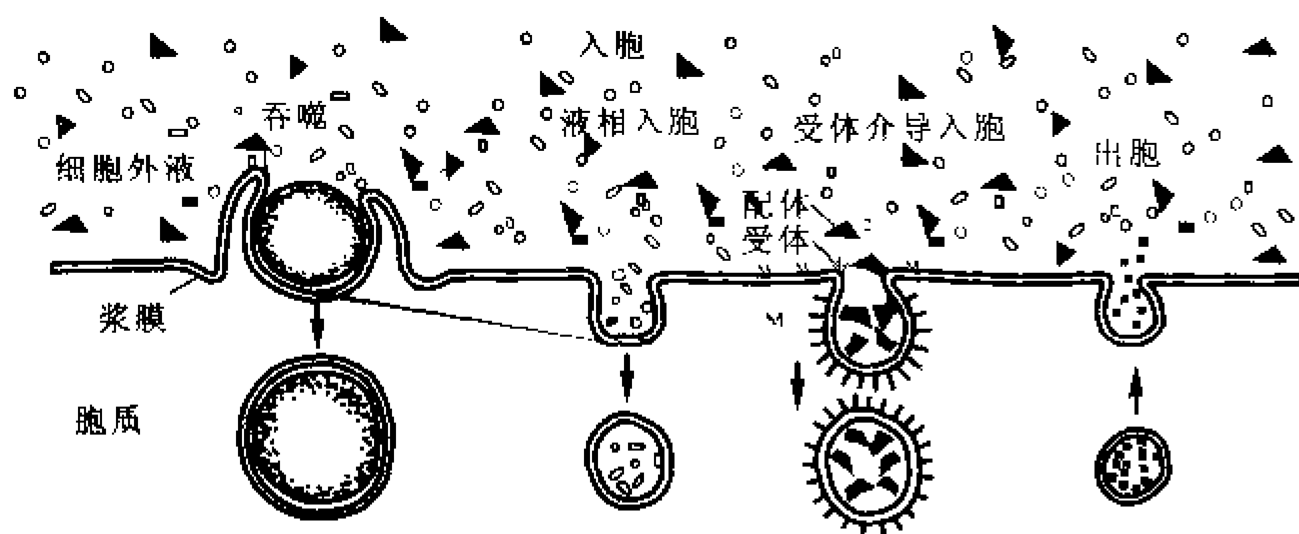


图2—6 蛋白质入胞转运示意图

三、营养素的吸收

人体营养素的吸收主要场所在小肠。小肠除了吸收食物中的各种营养素外,各种消化腺

所分泌的水分、无机盐、消化道脱落细胞分解后的蛋白质等也通过小肠被吸收。

(一)碳水化合物的吸收

碳水化合物只有分解为单糖后才能被小肠上皮细胞吸收。单糖的吸收是消耗能量的继发性主动吸收过程,可以逆浓度差进行吸收,能量来自细胞内外 Na^+ 的浓度差所释放的势能。如图 2—7 所示,小肠黏膜上皮的纹状缘存在载体蛋白,能选择性地将葡萄糖或半乳糖等单糖从纹状缘的肠腔面转运入小肠黏膜细胞内,然后在小肠黏膜细胞的基底侧通过易化扩散进入血液循环。由于载体蛋白与各种单糖的亲和力不同,因此,它们的吸收速率相差也比较大。一般情况下,葡萄糖吸收速度最快;果糖的吸收是通过易化扩散进入肠绒毛上皮细胞内的,因此,它的吸收速度要比葡萄糖慢得多,仅为葡萄糖吸收速度的一半。

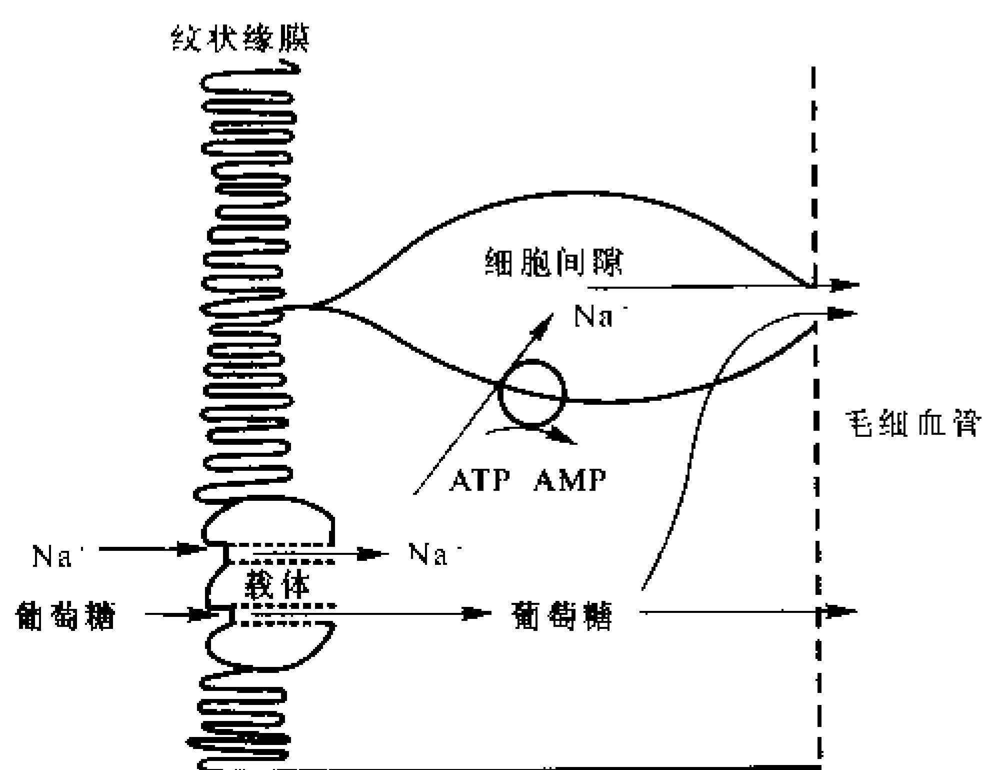


图 2—7 小肠黏膜细胞对葡萄糖的吸收

(二)蛋白质的吸收

食物中的蛋白质以及脱落的消化道黏膜细胞中的蛋白质、消化液中的蛋白质等内源性蛋白质,经过消化分解为氨基酸后,几乎全部被小肠吸收,在十二指肠和空肠吸收比较快,在回肠吸收则比较慢。氨基酸的吸收也属于继发性主动转运。在小肠黏膜壁上有多种运载氨基酸的载体蛋白,可以分别与中性氨基酸、酸性氨基酸和碱性氨基酸及亚氨基酸结合,通过钠吸收耦联进行转运,在肠黏膜细胞的基底膜通过易化扩散进入血液循环。一般情况下,中性氨基酸的转运速度比酸性和碱性氨基酸快。

过去一般认为蛋白质只有分解为氨基酸后才能被人体吸收,但近年来的实验证明,在小肠的纹状缘还存在有小分子肽,特别是二肽、三肽的转运系统,使二肽和三肽也能被小肠黏膜细胞吸收,而且这种二肽、三肽的吸收效率比氨基酸的吸收更快。进入小肠黏膜上皮的二肽和三肽,并不是直接进入血液循环系统,而是在小肠黏膜内被二肽酶和三肽酶水解,分解为氨基酸后再进入血液循环。也有一些小分子食物蛋白质可以通过胞饮作用被人体直接吸收,进入血

液循环，如婴儿的肠上皮细胞可以通过入胞和出胞方式吸收母乳中的免疫球蛋白A(Ig A)。但随着年龄的增加，这种吸收蛋白质的能力下降。因此，成年后食物中的蛋白质直接被吸收后，不但没有营养价值，相反会引起过敏反应，对人体产生不利的影响。

（三）脂肪的吸收

脂肪的吸收过程比较复杂。在小肠内，脂肪的消化产物——脂肪酸、甘油一酯、胆固醇、卵磷脂等与胆汁中的胆盐形成混合微胶粒。由于胆盐具有亲水性，它能携带脂肪消化的产物到达小肠微绒毛上。随后，脂肪酸、甘油一酯及胆固醇等又逐渐从混合微胶粒中释放，顺浓度梯度透过微绒毛的脂蛋白膜进入黏膜细胞内，胆盐则被遗留在小肠内。

吸收进入小肠黏膜细胞的脂肪酸和甘油一酯，并不是直接进入循环系统，而是在上皮细胞的内质网中大部分重新合成甘油三酯，并与肠上皮细胞合成的脱辅基蛋白结合，形成乳糜微粒。乳糜微粒形成后，进入高尔基复合体中，许多乳糜微粒被包裹在一个囊泡内，囊泡移至细胞膜时，就与之融合，通过胞吐作用释放出乳糜微粒，进入细胞间液，并进一步扩散至淋巴。

甘油三酯在小肠内的吸收如图2—8所示。

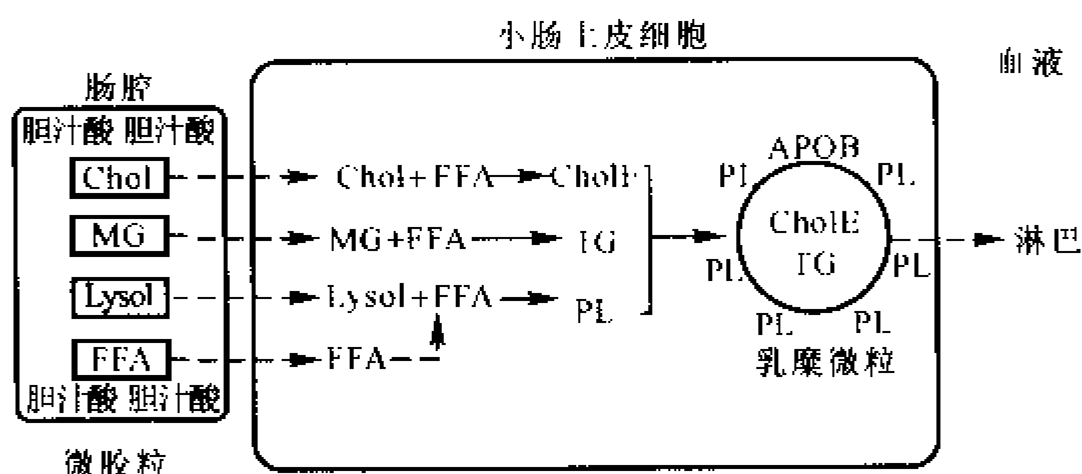


图2—8 甘油三酯在小肠内的消化与吸收

Chol—胆固醇；MG—甘油一酯；Lysol—溶血卵磷脂；FFA—游离脂肪酸；
PL—磷脂；TG—甘油三酯；CholE—胆固醇酯；APOB—脱辅基蛋白B

14个碳原子以下的中链、短链甘油三酯水解的脂肪酸，在小肠细胞内不再合成乳糜微粒，可以由门静脉进入血液循环。但由于膳食中的甘油三酯的脂肪酸以长链脂肪酸为主，因此脂肪的吸收途径以淋巴为主。

胆固醇的吸收与甘油三酯有十分密切的联系。肠道中的胆固醇部分来源于食物，也有一部分来源于胆汁。胆汁中的胆固醇是游离的，而食物中的胆固醇则与脂肪结合，成为酯化的胆固醇。因此，食物中的酯化胆固醇必须首先经过胆固醇酯酶的作用，水解为游离胆固醇；游离的胆固醇通过形成混合微粒，与脂肪的水解产物一起吸收；进入小肠黏膜细胞的胆固醇在小肠黏膜中重新酯化，并通过形成乳糜微粒，与甘油三酯及载脂蛋白等一起进入淋巴系统。从胆固醇的吸收过程可以看出，食物中的脂肪和脂肪酸有助于胆固醇的吸收。

（四）维生素的吸收

维生素可分为脂溶性维生素和水溶性维生素。由于溶解性质的不同，它们的吸收方式和

吸收速度也有一定的差异。

1. 水溶性维生素的吸收

一般情况下，水溶性维生素是以简单的扩散方式被吸收的，特别是相对分子质量小的水溶性维生素，但维生素 B_{12} 的吸收则首先必须与胃黏膜分泌的内因子结合成一个大分子复合物，才能避免被肠道中的消化酶消化。在到达回肠后，维生素 B_{12} 才能被吸收，因此，回肠是维生素 B_{12} 吸收的特殊场所。

2. 脂溶性维生素的吸收

脂溶性维生素，如维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K，由于属于脂溶性，因此在吸收机制和吸收过程上都与脂肪相似。

(五)无机盐的吸收

1. 钠的吸收

肠黏膜细胞膜中 Na^+ 浓度远远低于肠腔液体，因此肠腔中的 Na^+ 可以顺着浓度差和电化学梯度通过黏膜细胞面进入细胞内。但进入肠黏膜细胞内的 Na^+ 再转运至血液循环时，则需要通过消耗 ATP 的主动转运方式进行，如图 2—9 所示。

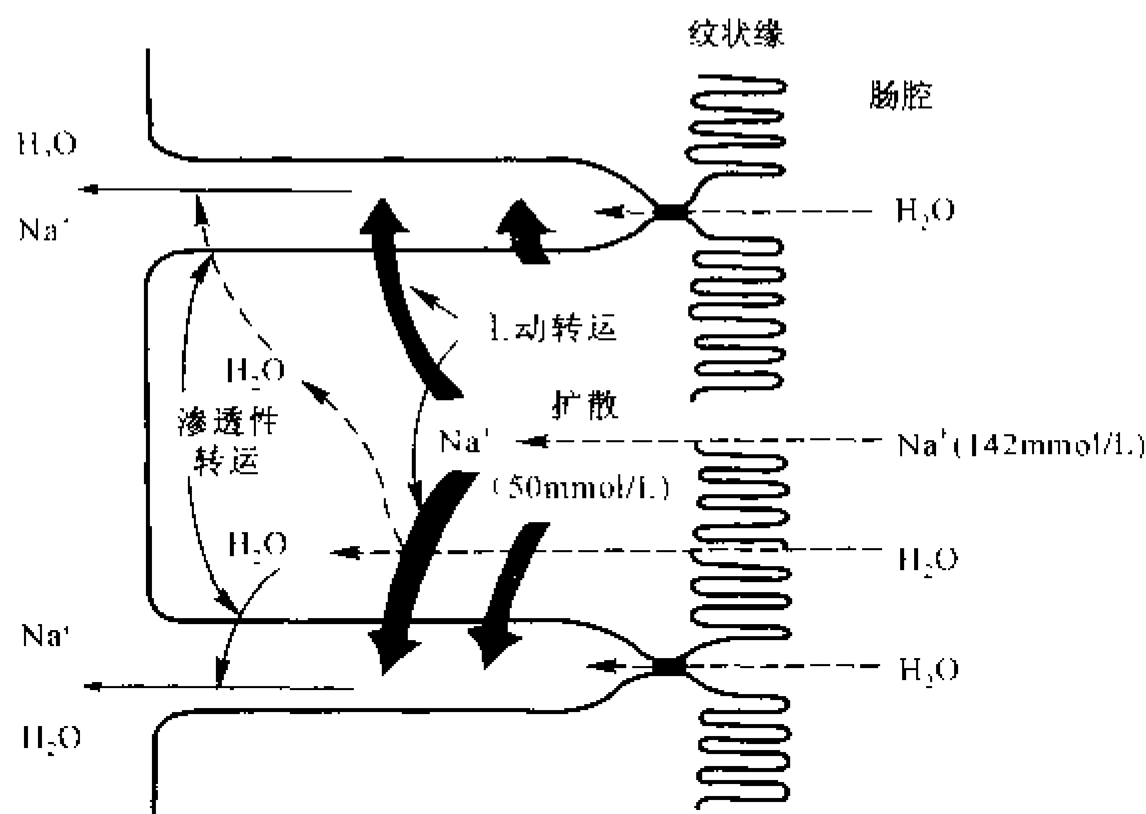


图 2—9 小肠黏膜对钠和水的吸收

2. 铁的吸收

铁的吸收主要在十二指肠和空肠。如图 2—10 所示，肠道内铁的吸收率与铁的存在形式有十分密切的关系。当食物中的铁以三价高铁的形式出现时，不易被吸收。它只有还原为二价的亚铁后才能转运进入小肠黏膜细胞内。亚铁的吸收速度比相同量的三价铁要快 2～5 倍。进入小肠黏膜的亚铁，与小肠黏膜细胞内的移动铁蛋白结合，将亚铁转运给小肠黏膜细胞基底侧膜上的运铁蛋白受体，经受体介导，再转运到细胞外间隙，并与细胞间液中的运铁蛋白结合，从细胞外液扩散进入血液。当小肠黏膜细胞中的 Fe^{2+} 超出机体的需要时，则与胞质中的脱铁

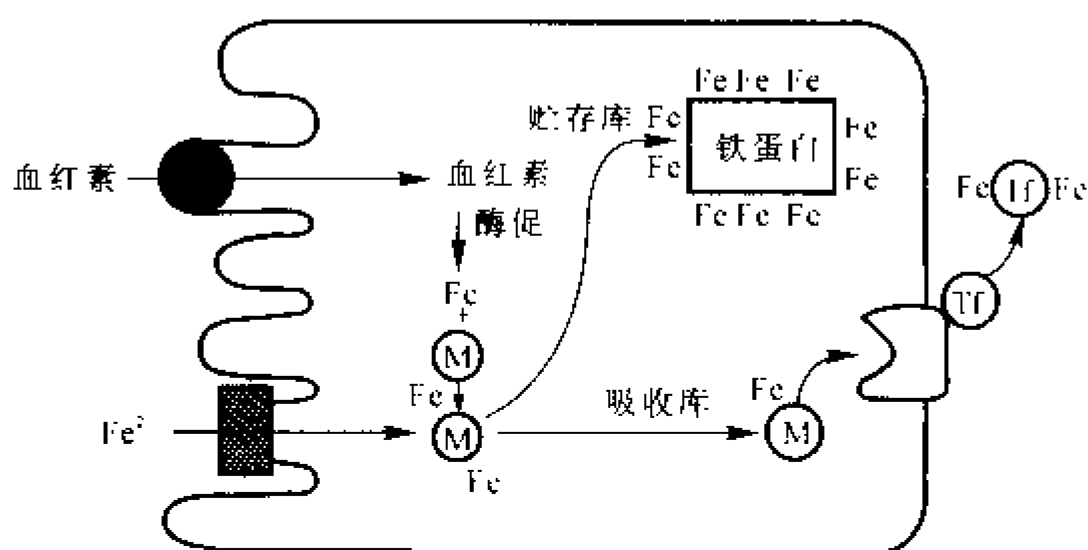


图 2—10　肠上皮细胞吸收铁的示意图

M—移动铁蛋白；Tf—运铁蛋白

铁蛋白结合，形成铁蛋白，储存于细胞内，并随着上皮细胞的脱落而丢失。

3. 钙的吸收

钙的吸收主要在十二指肠，如图 2—11 所示，食物中的钙必须是离子状态才能被小肠黏膜细胞吸收。钙的吸收通过主动转运完成。小肠黏膜上皮中存在与钙有高度亲和性的钙离子结合蛋白，它与钙结合，促进钙的吸收。钙的吸收率不高。许多因素都会对钙的吸收产生影响。维生素 D 可以通过诱导小肠上皮细胞钙结合蛋白的合成及 Ca^{2+}—H^+—ATP 酶的合成促进钙的吸收。

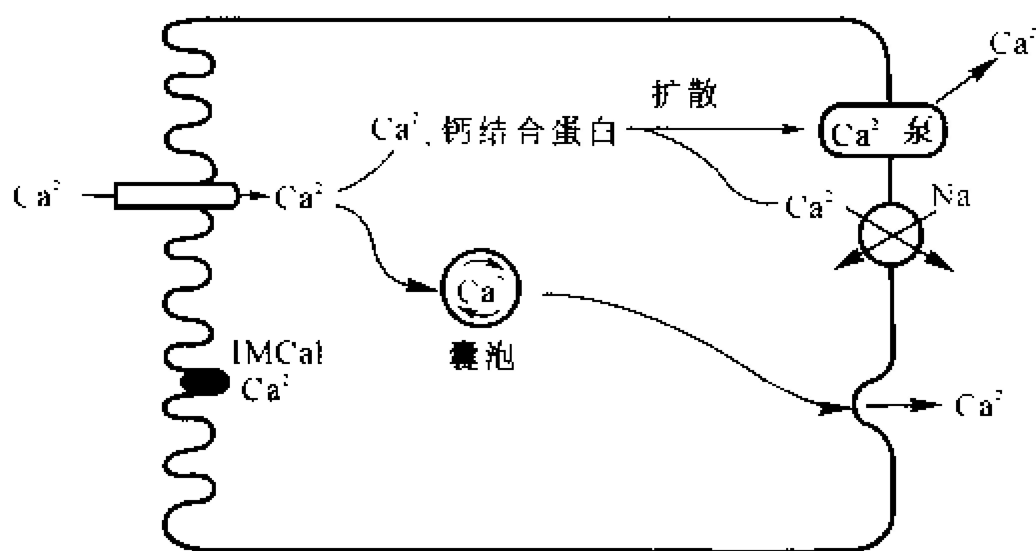


图 2—11　钙的吸收示意图

IMCal—肠膜钙结合蛋白

(六) 水分的吸收

人体每日从小肠吸收水分约 8000 ~ 9000mL，除了来自食物中约 2000mL 左右的水分外，其余都来自唾液、胃液、胰液、胆汁及大肠液，而随粪便排出的水分只有约 150mL，因此水分的吸收相当完全。其中空肠吸收 5000 ~ 6000mL；回肠吸收 2000mL；结肠吸收 400 ~ 1000mL。十二指肠不是吸收水分的主要场所。

肠管内水分是通过渗透的方式吸收的。各种溶质，尤其是 NaCl 主动吸收产生的渗透压梯度是水分吸收的主要动力。小肠黏膜对水的吸收见图 2—9。如果小肠中的溶质不能吸收，则会形成肠腔内的高渗状态，阻碍水分的吸收，产生水样腹泻。

第四节　代谢物质的排泄

食物中的营养素及其他成分经过消化、吸收进入人体后，被组织细胞摄取，作为生长发育、组织更新的原料被利用，或作为能量的来源维持机体新陈代谢的需要。在这个过程中也会产生一些代谢产物。人体必须将这些代谢的最终产物，以及进入机体的异物或有害物质和一些过剩的物质排出体外，才能维持人体内环境的稳定。我们将这一过程称为排泄。

人体排泄的途径有四条：首先是气管、支气管及肺脏等呼吸器官的排泄，主要的排泄物是二氧化碳和少量的水分；由皮肤汗液的排泄，主要是以汗液的形式散发出机体多余的热量、水分和氯化钠、尿素等代谢产物；肾脏尿液的排泄，是人体最为重要的排泄途径，它以尿液的形式排泄体内过多的水分、尿素、离子等代谢产物，对维持机体内环境的稳定具有特别重要的意义；最后一条排泄的途径是由大肠粪便的排泄。从严格的生理学意义讲，只将经过血液循环、由某些排泄器官向体外排泄的过程，称为排泄。因此，大肠的排泄应该特指经肝脏排出、并在肠道中起了变化的胆色素，经肠黏膜细胞排出的一些无机盐，如钙、镁等物质的排泄，而不包括食物未消化的，或消化后的未被吸收的残渣。但从食物营养素代谢的整个过程来看，为了叙述的方便，我们也将其一并叙述。

一、粪便的排泄

人类的大肠没有重要的消化活动，主要的作用是吸收一部分水分，并为从小肠转运来的未被消化吸收的残余物质提供暂时贮存的场所。

(一)粪便的形成与成分

食物残渣在大肠的停留时间比较长，一般在 10h 左右。在这段时间里，食物残渣中的水分被大肠黏膜细胞吸收；大肠内存在有大量的细菌，它们来自食物和空气，由口腔入胃，最后到达大肠。大肠内的温度和酸碱度很适合细菌的生长繁殖，繁殖的速度也相当快，人体排出的粪便中约有 20% ~30% 为活的或死的细菌；有些细菌中含有分解食物残渣的酶，能将蛋白质分解为蛋白胨、氨基酸、氨、硫化氢、组织胺、吲哚等，这一过程称为腐败式分解。糖及脂肪也能被分解，产物为乳酸、醋酸、二氧化碳、脂肪酸、胆碱等，这一过程称为发酵式分解。膳食纤维在大肠中最易被细菌发酵，发酵的程度及速度与膳食纤维的种类、存在形式以及物理性状、肠道中菌群等有关。适量膳食纤维的摄入并在肠道中发酵，有利于改善肠道功能。

大肠排出的粪便，除食物的残渣、脱落的消化道细胞、细菌等，还含有机体代谢后的废物，如肝脏排泄的胆色素衍生物等；血液通过肠壁排至肠腔的一些重金属，如钙、镁的盐类等，也随着粪便排出体外。

(二)粪便的排泄

正常人的直肠一般是空的，没有粪便存在。当肠蠕动将粪便推入直肠时，刺激了肠壁的感

受器，冲动经神经传至脊髓的低级排便中枢及大脑皮层，引起便意和排便反射。正常人的直肠对于粪便的压力刺激具有一定的阈值，达到这一压力阈值时就会引起便意。但排便动作可以受大脑皮层的影响，意识可以加强或抑制便意。人们如果对便意经常抑制，就会使直肠渐渐对粪便的压力失去正常的敏感度。粪便在肠道中停留的时间过长，水分的吸收就过多，而使粪便干燥，引起排便的困难，这是产生便秘的主要原因之一。便秘时，粪便中的一些代谢产物也有可能再被人体吸收，因而会有损健康。

正常情况下，每日从粪便中排泄的水分约为150mL，但腹泻时，特别是水样腹泻，就会造成水分的大量流失，有时甚至会影响到生命安全。

二、尿液的排泄

泌尿是肾脏的重要功能。通过尿液的排泄，可以调节人体的水分含量，同时还能排泄体内代谢的产物，控制体液中离子成分的浓度，维持人体晶体成分的稳定。因此，通过尿液的排泄，可以维持人体内环境的相对稳定。

（一）尿液的成分与排泄量

正常人每昼夜排出的尿量约在1000~2000mL之间，一般为1500mL。尿量的多少与水的摄入量和由其他途径所排出水量有关。如果排汗量、粪便的排水量不变，则摄入的水越多，排泄的尿液也越多。若每昼夜的尿量长期保持在2500mL以上，称为多尿；每昼夜的排量在100~500mL范围，称为少尿；如果每天的尿量不足100mL，则称为无尿。如果尿量过多，机体水和电解质的损失过多，则会导致脱水和电解质紊乱；若尿量太少，则会引起水分的储留，代谢产物的积聚，对机体健康的影响更大。

尿液中95%~97%是水分，固体物只有3%~5%。固体物分为有机物和无机物两类。有机物中主要成分为尿素，还有肌酐、马尿酸、尿胆素等，主要是食物或机体蛋白质代谢后的产物。无机物主要是氯化钠，还有硫酸盐、磷酸盐、钾、铵等。氯化钠的含量随食物中盐含量的多少而波动；硫酸盐主要来自蛋白质的代谢；磷酸盐主要来自含磷的蛋白质和磷脂的代谢。固体物质虽然只占尿液成分中很少的比例，但能否及时清除，却对机体内环境的稳定起着十分重要的作用。

正常人的尿液一般呈酸性反应，pH介于5.0~7.0之间，最大变化范围是4.5~8.0。尿液的pH主要受食物性质的影响，荤素杂食的人，尿液呈酸性，pH在6.0左右；素食的人，尿液偏碱性。

（二）尿液的形成与重吸收

人体尿液的形成，先是流经肾小球的血浆通过滤过膜的滤过，形成原尿。人体两侧肾脏24h原尿的生成量约为180L，其晶体渗透压与血浆完全相同，然后原尿进入肾小管，经过肾小管和集合管的选择性重吸收，大约99%的水分被重吸收，最终只有约1%的水分形成终尿排出体外。一些对机体有用的物质，如钠、钾、钙、葡萄糖和氨基酸等也被重吸收进入血液，同时肾小管还将一些机体的代谢终产物通过分泌主动排泄到终尿中。因此，排泄出体外的终尿，是人体在代谢过程需要排泄的废物，而葡萄糖、氨基酸等物质正常情况下是不会出现在尿液中的。

当机体代谢出现异常时，如机体蛋白质的代谢以负氮平衡为主时，或摄入的蛋白质远远超出人体的需要时，蛋白质的代谢产物增加，可以表现为尿液中尿素、肌酐的含量增加，而糖尿病

患者血糖浓度增加到一定限量时,尿液中也会有葡萄糖出现。因此,肾脏功能正常时,可以通过测定尿液中成分的变化,来推测机体的物质代谢和营养状况。

三、汗液的排泄

皮肤是人体进行排泄的另一个重要途径。汗液是皮肤汗腺的分泌物,即汗液在皮肤表面以明显的汗滴形式排泄水分而引起蒸发散热的一种形式。皮肤上有肉眼可见的汗滴时,称为可感蒸发;当机体的水分直接透过皮肤和黏膜表面,并且在还未能形成水滴前就蒸发掉了,这种形式称为不感蒸发。

汗液的排泄是机体散热的一条有效的途径。机体营养物质代谢释放出来的化学能,50%以上是以热能的形式用于体温的维持,另外的50%载荷于ATP,供给细胞代谢过程中的能量需要,在能量的转化与利用过程中,最终也变为热能。机体的营养物质代谢、细胞的生物氧化过程不断地进行,热能的产生也是持续的。因此,机体要维持体温的恒定,就要将多余的热能散发出体外。汗液的排泄,无论是不感蒸发还是有感蒸发,都是很好的散热途径。特别是当环境温度等于或高于机体的皮肤温度时,其他的散热活动,如辐射、对流、传导等停止时,汗液的蒸发就成了惟一的机体散热的渠道。

汗液的排泄除了具有散热的功能外,还具有排泄机体其他代谢产物的作用。汗液中水分的含量约为99%,另外的1%是固体成分,以氯化钠为主,也有少量的氯化钾、尿素、乳酸等。汗液中一般不含葡萄糖和蛋白质。实验表明,汗液不是简单血浆的滤出液,而是汗腺细胞主动分泌的。从汗腺细胞分泌出来的汗液是等渗的,但流经汗腺管腔时,一部分钠和氯被重吸收,所以最终排出的汗液一般是低渗的。当然,汗液中氯化钠的含量也受到食物中食盐含量的影响,当机体的营养素代谢异常、中间代谢产物增加时,从汗液中的排泄量也会增加,从而使体表产生异味。

思考题与习题

1. 分别解释消化、吸收、单纯扩散、易化扩散、原发性主动转运、继发性主动转运、入胞作用、出胞作用、排泄的概念,并说明机械性消化和化学性消化的区别。
2. 简述消化系统的组成包括哪些主要器官?
3. 胰腺主要分泌哪些消化酶? 各承担哪些消化作用?
4. 胆汁是由哪个消化器官分泌的? 其对营养素的消化发挥怎样的功能?
5. 简述胃液的性质,在营养素的消化中起什么作用?
6. 简述小肠液的组成及消化功能。
7. 口腔和胃脏对食物会产生哪些消化作用?
8. 简述小肠的运动与营养素消化吸收的关系。
9. 为什么说小肠是消化吸收营养素的最重要的场所?
10. 被消化的营养素从肠腔进入肠黏膜细胞,再转运进入血液循环,主要通过哪些方式进行?
11. 简述糖、蛋白质、脂肪、铁、钙等营养素的吸收机理及吸收过程。
12. 简述人体代谢产物排泄的主要途径。

第三章 宏量营养素和能量

学习目的与要求

1. 了解碳水化合物的分类及膳食地位，掌握碳水化合物的生理功能、适宜摄入量及膳食来源，认识功能性低聚糖、膳食纤维在现代膳食中的作用。

2. 了解脂类的组成、性质及分类，掌握脂类的生理功能、营养价值评价、供给量标准及膳食来源，特别是掌握具有特殊功效的脂类的生理功能。

3. 了解和掌握蛋白质、必需氨基酸以及特殊功效氨基酸的生理功能、需要量及蛋白质营养价值评价方法。

4. 认识基础代谢(率)、食物特殊动力作用等概念，掌握人体能量消耗的构成、能量消耗量的测定及估算方法，了解能量的合理膳食来源与构成及适宜摄入量。

第一节 碳水化合物

碳水化合物由碳、氢、氧三种元素组成，比例为每两个氢原子对应一个氧原子，这个比值与水相同，故名碳水化合物，简称碳水化物。低相对分子质量的碳水化合物有甜味，所以碳水化合物又称糖。

一、食物中碳水化合物的种类

碳水化合物分为单糖、双糖、低聚糖、多糖四类。

(一)单糖

最简单的碳水化物叫单糖。每分子单糖含有碳原子数为3~7个，依碳原子数目的多少，依次称为丙、丁、戊、己、庚糖。其中丙糖和丁糖以中间代谢物的形式存在。自然界存在最多的是戊糖和己糖。单糖具有醛基或酮基，有醛基的称为醛糖，有酮基的称为酮糖。

1. 葡萄糖

葡萄糖是一种醛糖(右旋糖)，它是人体空腹时惟一游离存在的六碳糖，主要存在于各种植物性食品中。人体利用的葡萄糖，主要由淀粉水解而来，此外还可来自于蔗糖、乳糖等的水解。葡萄糖不需要经消化过程就能直接被人体小肠壁吸收，是向人体提供能量的主要燃料。血液中的葡萄糖即血糖浓度保持恒定具有重要的生理意义。

2. 果糖

果糖是最甜的一种糖，主要存在于蜂蜜和水果中。食物中的果糖在体内吸收后可转化为葡萄糖，不会刺激胰岛素的分泌，其代谢也不受胰岛素的制约，不引起饭后明显的高血糖症。

果糖是食品工业中重要的甜味物质。

己糖还有天然存在或人工加工的衍生物,如由葡萄糖氢化而成的山梨醇、甘露糖氢化而成的甘露醇,以及天然存在于食物中的肌醇。

戊糖中的 D-核糖和 D-2-脱氧核糖作为核酸的基本组成部分,存在于所有动、植物细胞中,由于人体可以合成,故它们不是必需的营养物质。阿拉伯糖和木糖是人类食物中可能存在的戊糖。

(二)双糖

每分子能水解成两分子单糖的碳水化合物称为双糖。营养学上有意义的双糖有3种。

1. 蔗糖

蔗糖是自然界分布广泛、目前应用最多的糖,它是一分子葡萄糖和一分子果糖的结合物,是制糖工业的重要原料。日常食用的绵白糖、砂糖、红糖都是蔗糖。多吃蔗糖容易引起龋齿,因此必须注意保持口腔卫生。

2. 乳糖

乳糖是一分子葡萄糖和一分子半乳糖的结合物,存在于动物乳汁中,甜度只有蔗糖的1/6,人乳中含量约7%,牛乳中含量约5%。乳糖是婴儿主要食用的碳水化合物。乳糖较难溶于水,在消化道中吸收较慢,有利于保持肠道中最合适的肠菌从数,并能促进钙的吸收,故对婴儿有重要的营养意义。

有些成人体内及一部分有色人种半乳糖基酶缺乏,不能把乳糖在小肠内水解为单糖,因此当摄入牛奶或其他乳制品时,不能正常消化,未分解的乳糖分子使肠道渗透压改变,致使大量小分子被肠道吸收,出现急性腹痛和腹泻反应等代谢紊乱症状,称作乳糖不耐症。

造成乳糖不耐症的原因主要有:①先天性缺少或不能分泌半乳糖基酶;②某些药物如抗癌药物或肠道感染而使半乳糖基酶分解或减少;③更多的人是由于年龄增加,半乳糖基酶水平不断降低。这种症状可通过乳糖的经常摄人,使半乳糖基酶在肠道内逐渐形成而加以改变。

3. 麦芽糖

两分子葡萄糖的结合物,在淀粉酶的作用下,可降解生成大量的麦芽糖,为淀粉的基本单位,在麦芽中含量很多。人们吃米饭、馒头时,在细细咀嚼中感到的甜味就是由淀粉水解的麦芽糖,在饴糖、高粱饴、玉米糖浆中大量存在,是食品工业中重要的糖质原料。

(三)低聚糖

见第五章第一节。

(四)多糖

多糖是数量众多的同种单糖或异种单糖以直链或支链形式缩合而成的,按能否被人体利用可分为两类。

1. 可利用多糖

可利用多糖即人类机体的消化系统可利用的多糖,包括淀粉、糊精和糖原。

(1)淀粉

食物中绝大部分碳水化合物以淀粉形式存在，其基本构成单位是麦芽糖，在体内最终水解为葡萄糖。淀粉的结构有两种：葡萄糖分子联结组成的直链多糖，称为直链淀粉，在碘试剂作用下呈蓝色反应；具有许多侧链的葡萄糖聚合物称为支链淀粉，在碘试剂作用下呈棕紫色反应。

（2）糊精

淀粉水解的产物，由5个或以上葡萄糖分子组成。

（3）糖原

存在于动物体内，实际是动物淀粉。糖原由3000～60 000个葡萄糖分子构成，并有侧链，每个侧链含12～18个葡萄糖。糖原在酶的作用下分解为葡萄糖。

2.不可利用多糖

不可利用多糖是一类虽然具有糖类的结构，但很难或不能为人体利用的纤维素等，包括膳食纤维和粗纤维

（1）纤维素

化学结构与淀粉相似，是葡萄糖以β－1，4糖苷键联结而成的直链聚合物，相对分子质量约为6×10^5，具有亲水的特性。

（2）半纤维素类

其中一类为碱性，如戊聚糖类、木聚糖类、阿拉伯木糖类、半乳聚糖类；另一类为酸性，包括半乳糖醛酸、葡萄糖醛酸．这类物质不能被人类小肠酶消化，但在结肠中被细菌作用，比纤维素分解多些。半纤维素类相对分子质量约为3×10^4，其某些成分是可溶的，它们还具有与离子结合的作用。

（3）果胶

果胶为一种无定形物质，存在于水果、蔬菜的软组织中，可在热溶液中溶解，主要由半乳糖醛酸、半乳糖和阿拉伯糖组成。果胶也具有与离子结合的性质。食品工业中用作增稠剂。

（4）树胶

树胶亦称植物胶，包括植物分泌胶如阿拉伯胶和黄蓍胶、种子胶如瓜尔豆胶（guar gum）和刺槐豆胶（locust bean gum）等，主要成分是葡萄糖醛酸、半乳糖、阿拉伯糖及甘露糖，溶于水。

（5）木质素

木质素是苯基类丙烷的聚合物，具有复杂的三维结构。除了完整的种子食物外，其通常存在于坚硬的木质组织中，不能被人体消化利用。

（6）抗性淀粉

抗性淀粉包括改性淀粉和经过加热后又经冷却的淀粉，它们在小肠内不被吸收。

自1990年开始，“可利用和不可利用”的概念发生了改变。“可利用”已不再仅指通过小肠吸收的方式提供机体代谢需要的物质。通过“结肠发酵”后再吸收，实际上也提供了“可利用”的物质，所以1998年FAO/WHO专家委员会已建议不再使用这个术语。碳水化合物的所有性质均来源于它的两大特性——小肠消化和结肠发酵。用现代的观点来解释，“可利用和不可利用”表示为“血糖生成和非血糖生成”可能更为科学（见表3—1）。



表 3—1 营养学上主要碳水化合物的特性

碳水化合物		主要特性
血糖生成碳水化物	葡萄糖	机体基本的碳水化合物，亦称血糖
	果　糖	果糖代谢不受胰岛素控制，甜度比葡萄糖高
	蔗　糖	食用量最多的双糖，与血脂有一定的关系
	乳　糖	存在于乳汁中，其主要功能为提高婴儿肠道抵抗力和钙的吸收率
	淀　粉	自然界中最多的碳水化合物之一，不溶于冷水，加热成胶状，易于消化
	糖　原	易溶于水，在酶作用下迅速分解为葡萄糖，动物肝、肌肉等组织含量高
非血糖生成碳水化物	纤维素	葡萄糖以 β－1,4 糖苷键合成，人类无酶分解它，纤维素具有维持机体正常消化作用的功能
	果胶类	以葡萄糖醛酸为主链构成的一种无定形物质，主要存在于果蔬等软组织中，易与食物中无机盐结合，而影响无机盐的吸收
	木质素	人类和草食动物不能消化，具有刺激肠道蠕动，维持机体消化功能正常的作用

二、碳水化合物在体内的动态变化

食物中的碳水化合物主要为淀粉及少量的双糖、单糖。多糖不能被直接吸收利用，必须通过体内消化酶水解为单糖后再被利用。葡萄糖是人体利用的主要单糖，一部分进入血液循环，形成血糖，被运往各个组织器官，提供能量；另一部分被转化为糖原或脂肪储存。

血糖含量是衡量体内碳水化合物变化的重要指标，它一直处于动态变化之中，健康人体内空腹血糖浓度 3.8～6.1mmol/L。血糖在体内的动态平衡是由来源和消耗两方面决定的，其主要来源于食物中淀粉的分解，当体内淀粉缺乏时，血糖则来自于体内糖原的分解或糖异生作用(生糖氨基酸、甘油、乳酸和丙酮酸在体内可转变为葡萄糖，因与糖酵解方向相反，故称糖异生作用)。糖的主要去路是被血液运往各个器官分解代谢提供能量，少部分则以糖原形式储存于肝脏、肌肉等组织中。成人体内贮存的糖原约 370g。当血糖充足时，部分血糖可转化为脂肪或某些氨基酸。

人体维持血糖浓度的相对稳定，对机体的持续供能是非常重要的，因为大脑、肺组织及红细胞等只能依靠血糖供给能量。人体具有高效调节血糖的机制，即使在饥饿早期或较长时间运动后，血糖含量也保持正常范围。调节血糖的主要组织器官为肝脏和肌肉组织，同时神经系统和某些激素也间接或直接地参与调节血糖水平。

胰岛素有降低血糖的功能，肾上腺素、胰高血糖素等则可升高血糖浓度，它们对血糖的调节主要通过影响各器官的糖代谢而实现，两类激素相互联系相互制约，共同维持血糖浓度的相对恒定。

碳水化合物在体内的动态变化见图 3—1。

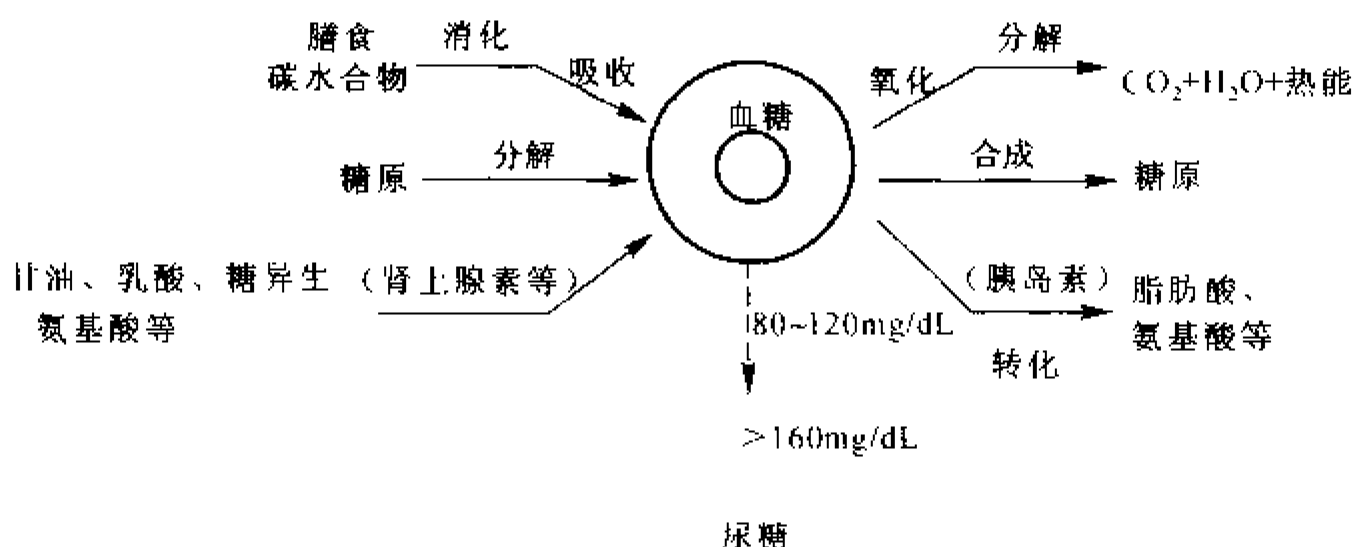


图3-1 碳水化合物在人体内的动态变化

三、碳水化合物的主要功能

(一)供给能量

碳水化合物是人类获取能量最经济和主要的来源,它在体内消化吸收较其他两种产能营养素迅速而且完全,即使在缺氧条件下仍能进行部分酵解,供给机体能量。碳水化合物在体内消化后,主要是以葡萄糖的形式被吸收。葡萄糖可被所有的组织利用。蛋白质在肌肉中不能被直接氧化取得能量,脂肪在肌肉中的氧化能力很低,肌肉活动最有效的能量是糖原。心脏、神经系统只能利用葡萄糖作为能源,如人脑每日需要消耗100g以上葡萄糖,所以正常血糖水平对维持心脏、神经系统的功能非常重要。血糖降低时,往往会出现昏迷,严重时甚至休克、死亡。

(二)构成机体组织

碳水化合物在体内虽然较少,仅占人体干重的2%左右,但它参与体内重要的代谢活动,例如糖脂是细胞膜与神经组织的组成部分,糖蛋白是许多重要功能物质,如酶、抗体、激素的一部分,核糖和脱氧核糖是遗传物质RNA和DNA的主要成分之一。

(三)保肝解毒作用

当碳水化合物摄入充足时,可增加体内肝糖原的贮备,机体抵抗外来有毒物质的能力增强。肝脏中的葡萄糖醛酸能与这些有毒物质结合,排出体外,起到解毒作用,具有保护肝脏的功能。

(四)节约蛋白质

碳水化合物是机体最直接最经济的能量来源,当它摄入充足时,机体首先利用它提供能量,减少了蛋白质作为能量的消耗,使更多的蛋白质用于组织的构建和再生。



(五)抗生酮作用

如果碳水化合物提供的能量不足,机体则需要消耗大量的脂肪补充能量,这时脂肪的代谢将不完全,产生过多的酮体。酮体是一些酸性化合物,会引起血液酸度升高,即出现所谓的酸中毒。当碳水化合物摄入充足时,可维持脂肪代谢的正常。

(六)增强肠道功能

非淀粉多糖是一类不能被机体小肠消化利用的多糖类物质,但能刺激肠道蠕动,增加了结肠发酵率,有利于人体肠道的健康,具有重要的生理意义

四、糖代谢异常及血糖指数

(一)高血糖

空腹血糖 >130mg/dL 称为高血糖,其原因可能有两种:生理性的,如饮食性糖尿或情感性糖尿,血糖可暂时性升高;病理性的,如内分泌障碍或肾阈降低出现的肾性糖尿。

(二)低血糖

血糖 <70mg/dL 为低血糖。功能性低血糖可能由于葡萄糖来源减少或需要量增加而出现。有时由于内分泌失调或某些重要器官发生损害引起病理性低血糖。血糖浓度过低,脑组织可因能源短缺而出现头晕、心悸、出冷汗并有饥饿感。

(三)血糖指数

血糖指数(glycemia index,GI)指碳水化合物使血糖升高的相对能力,表示一定时间内含50g有价值碳水化合物的食品餐后血糖反应曲线下的面积与含等量碳水化合物的标准食品餐后血糖反应曲线下的面积之比乘以100所得的数值,计算方法如下:

$$\text{血糖指数} = \frac{\text{进食一种食物2h内血糖反应曲线下的面积}}{\text{进食相等量的葡萄糖2h内血糖反应曲线下的面积}} \times 100$$

据血糖指数划分,则GI在70或以上称为高血糖指数食品,在56~69之间称为中等血糖指数食品,在55或以下的为低血糖指数食品。部分食物的血糖生成指数见表3—2。

表3—2 部分食物的血糖生成指数(葡萄糖=100)

食物	GI	食物	GI	食物	GI	食物	GI	食物	GI
面包	69	果糖	20	蜂蜜	75	苹果	39	扁豆	29
大米	72	土豆	80	乳糖	90	香蕉	62	豌豆	33
糯米	66	新土豆	70	蔗糖	60	牛奶	36		
玉米粥	80	胡萝卜	92	麦芽糖	108	黄豆	15		

某种食物的血糖指数是由不同食物消化后所测量到的血糖升高水平而计算出来的,血糖

指数越高，这种食物升高血糖的效应就越强，反之亦然。而血糖过高和代谢紊乱是糖尿病等疾病发病的重要原因。正常人的血糖水平过高，也会诱发肥胖、高血压等疾病。选择血糖指数适宜的食品不仅适用于糖尿病等病症患者，而且对于每一个希望享受健康的正常人都有非常重要的意义。“血糖生成指数”是目前衡量膳食平衡和调控糖尿病的最新的营养指标。

近年来，运动营养的研究指出，在比赛前吃低血糖指数的碳水化物食物有助维持运动时的持久力。低血糖指数的碳水化物吸收较慢，所以不会刺激太多胰岛素。它的其他益处还包括有助减低运动前及运动中血液的乳酸和维持运动中血糖及血脂肪酸处于较高水平，从而增加持久力。

健康饮食强调避免过多摄入血糖指数过高的食品，多吃谷类或较少加工的粗制食物，并增加蔬菜水果的摄入量，这样可有效地降低膳食血糖负荷，最终减少糖尿病和冠心病的发病率。对于更多的健康人而言，早餐应该享受富含低血糖生成指数的食品，中餐时可以重新补充能量，同时要注意“指数”高低不同的食品的搭配。例如，“米饭＋猪肉”的食谱血糖指数可达73.3，而改成“米饭＋猪肉＋芹菜”的食谱后，血糖指数可以下降到57.1的理想水平。可见，多食膳食纤维对人体维持正常的血糖水平和饮食健康有积极的意义。

五、膳食纤维

从生理学的角度，膳食纤维可定义为哺乳动物消化系统内未被酶消化的植物细胞的残存物，也就是植物细胞壁的物质，包括纤维素、半纤维素、果胶、树胶、抗性淀粉和木质素等。而从化学角度，膳食纤维则可定义为植物的非淀粉多糖加木质素。

膳食纤维可分为可溶性膳食纤维与非可溶性膳食纤维，两者的生理功能不同。前者包括部分半纤维素、果胶和树胶等，后者包括纤维素、木质素等。

（一）膳食纤维的主要特征

1. 吸水作用

膳食纤维有很强的吸水能力或结合水的能力。吸水能力的大小决定于其结构中保持水的特性。膳食纤维的吸水能力可明显增加肠道中粪团的体积，增加其在肠道中的转运速度，减少其中有害物质接触肠壁的时间。

2. 黏滞作用

一些膳食纤维具有强的黏滞性，能形成黏性溶液，包括果胶、树胶、海藻多糖如琼脂和角叉胶。黏滞性与结构有关，如果胶的黏滞性决定于其分子质量和甲酯含量。

3. 结合有机化合物的作用

膳食纤维具有结合胆酸和中性胆固醇的作用。纤维素结合胆酸很少，果胶和树胶结合胆酸属中等程度，木质素结合胆酸最多。

4. 阳离子交换作用

膳食纤维具有阳离子交换作用，可在胃肠道内结合无机盐。膳食纤维具有这种功能与糖醛酸的羧基有关。K^+，Na^+，Fe^{3+}等阳离子都可被膳食纤维结合。

5. 细菌发酵作用

膳食纤维在肠道易被细菌酵解，可溶性膳食纤维可完全被细菌酵解而不溶性膳食纤维则不易被酵解。酵解后产生的短链脂肪酸如乙酸、丙酸和丁酸均可作为肠道细胞和细菌的能量



来源。

(二)膳食纤维的生理意义

1. 有利于食物的消化过程

膳食纤维由于增加口腔咀嚼食物的时间,可促进肠道消化酶分泌,并且由于增加肠道内容物体积,可加速肠道内容物的排泄,这些都有利于食物的消化吸收。

2. 利于预防高脂蛋白血症

膳食纤维可结合胆酸,有降血脂的作用。以可溶性纤维如果胶、树胶、豆胶的降脂作用较明显,而非水溶性纤维无此作用。

3. 预防胆石形成

大部分胆石是由于胆汁内胆固醇过度饱和所致。当胆汁酸与胆固醇失去平衡时,就会析出小的胆固醇结晶而形成胆石。膳食纤维可降低胆汁和血清胆固醇浓度,从而使胆汁胆固醇饱和度降低,胆石症患病率也随之减少。

4. 预防结肠癌

肠道厌氧菌大量繁殖会使中性或酸性类固醇,特别是胆酸、胆固醇及其代谢物降解,产生的代谢产物可能是致癌物。膳食纤维可抑制厌氧菌,促使嗜氧菌的生长,使具有致癌性的代谢物减少;同时膳食纤维还可借吸水性的性质,扩大体积,缩短粪便在肠道的通过时间,防止致癌物质与易感的肠黏膜之间的长时间接触,减少产生癌变的可能性。

5. 防止能量过剩和肥胖

多纤维膳食可增加胃内容物体积而有饱腹感,从而可减少摄入的食物量和能量,有利于控制体重,防止肥胖。

6. 对餐后血糖及胰岛素水平的影响

可溶性膳食纤维可降低餐后血糖升高的幅度和降低血清胰岛素水平或提高机体对胰岛素的敏感性。

7. 膳食中纤维可结合阳离子

膳食纤维如摄入过多,结合阳离子增多,可造成体内钙、铁、镁、锌的缺乏。

(三)膳食纤维与疾病的关系

1. Ⅱ型糖尿病

膳食纤维可影响血糖水平,减少糖尿病患者对胰岛素的依赖性。Ⅱ型糖尿病病人食用果胶、豆胶后,可观察到餐后血糖上升幅度有所降低,经常食用多膳食纤维膳食者,空腹血糖水平或口服葡萄糖耐量试验曲线都低于少食用膳食纤维者。

2. 心血管疾病

食用膳食纤维少者,能量摄取多,胰岛素分泌增加,动脉容易硬化,其胆汁液在粪便中排出少,血胆固醇升高,这些都是心血管疾病的发病因素。膳食纤维如瓜尔豆胶、果胶、羧甲基纤维素以及富含可溶性膳食纤维的食物,如燕麦麸、大麦、蔬菜等可降低血浆低密度脂蛋白胆固醇(LDL－C),而高密度脂蛋白胆固醇(HDL－C)降得很少或不降低。

3. 预防便秘

膳食纤维使粪便量增加,并加速肠道内容物在结肠内的转移而使粪便易于排出,起到预防

便秘的作用。

4. 结肠癌

流行病学调查表明，结肠癌的发病率与食物中的肉类、脂肪、蛋类和总能量呈正相关，而与谷类和豆类呈负相关。动物试验中，以麦麸代替饲料中的蔗糖可降低结肠癌的发病率。一般认为引起结肠癌的致癌物质存在于粪便中。膳食纤维少，粪便量少，肠内水分少，致癌物的浓度相对较高，粪便在结肠内停留时间较长，细菌产生的致癌物质就多，其与肠黏膜接触时间也就长。而当膳食纤维多时，情况则恰好相反。此外，膳食纤维摄入增多后，能量摄入也相对降低。

（四）膳食纤维可能的副作用

过多摄入膳食纤维会引起腹部不适，如增加肠道蠕动和增加产气量，影响人体对蛋白质、维生素和矿物质的吸收。

六、碳水化合物的参考摄入量和食物来源

（一）碳水化合物的推荐摄取量（DRIs）

膳食中碳水化合物供给量主要与民族饮食习惯、生活水平、劳动性质及环境因素有关。根据目前我国膳食碳水化物实际摄入量，中国营养学会 2000 年推荐碳水化物的参考摄入量（DRIs）应占总能量的55% ~65%（2 岁以下婴幼儿除外），建议限制纯热能食物如糖的摄入量，多食用谷类为主的多糖食物。

各国膳食碳水化合物摄入量建议值如表 3—3。

表 3—3　各国膳食碳水化合物摄入量的建议值

国家和组织	年　份	占热量百分比	摄入量(8.4MJ)		
			谷类	蔬菜水果	糖
美国	2005	45% ~65%	350g	450g	50g
英国	1992	>55%	6 ~ 11 份	3 ~ 5 份	少量
加拿大		>55%			
法国	1995	50% ~55%			
捷克	1990	60% ~65%			
荷兰	1993	55%			
WHO	1998	55%			

（二）碳水化合物的食物来源

碳水化合物在自然界分布很广。人类所需的碳水化合物主要由植物性食品来提供，如米面、杂粮、根茎、果实和蜂蜜等食物中，碳水化合物含量都很丰富，其中粮谷类中淀粉约占60% ~80%，薯类一般含 15% ~29%，豆类 40% ~60%。蔗糖、糖果、甜食、糕点及



含糖饮料等主要提供双糖、单糖。动物性食品只有肝脏含有糖原，乳中有乳糖，其他则含量甚微。

膳食中碳水化物供给主要部分应该是淀粉类的复合糖，要避免摄入过多的单糖、双糖等简单糖，原因主要是由于在摄入单糖和双糖时不能取得除糖以外的其他营养素。

第二节 脂肪和其他脂类

一、食物中的脂类物质

脂类是一大类疏水化合物，在活细胞结构中有极其重要的生理作用，包括：

(一)中性脂肪

中性脂肪是由甘油和三分子脂肪酸组成的甘油三酯，包括油类(oils)和脂肪类(fats)，它是自然界最丰富的脂，在食物中占脂类物质的98%。日常食用的动植物油脂如猪油、牛油、豆油、花生油、棉籽油和菜子油等均属中性脂肪。

(二)类脂类

类脂指性质类似油脂的物质，种类很多，主要包括磷脂、糖脂和固醇等，也包括脂溶性维生素和脂蛋白，具有重要的生物学意义。磷脂有卵磷脂、脑磷脂和肌醇磷脂，以卵磷脂最多；糖脂有脑苷脂类和神经节苷脂；脂蛋白有乳糜微粒、极低密度脂蛋白、低密度脂蛋白和高密度脂蛋白。

在营养学上，最重要的还是能被人体吸收利用的偶数碳脂肪酸，可根据碳链中双键数目的多少将其分为3类，即饱和脂肪酸(多存在于动物脂肪中)、单不饱和脂肪酸(最普通的是油酸)和多不饱和脂肪酸(鱼油和植物种子中含量较多，最普遍的是亚油酸)。常见脂肪酸的食物来源见表3—4。

表3—4 常见脂肪酸的食物来源

名称	代号	食物来源
丁酸(butyric acid)	$C_{4:0}$	奶油
已酸(caproic acid)	$C_{6:0}$	奶油
辛酸(caprylic acid)	$C_{8:0}$	椰子油、奶油
癸酸(capric acid)	$C_{10:0}$	椰子油、奶油、棕榈油
月桂酸(lauric acid)	$C_{12:0}$	椰子油、奶油
肉豆蔻酸(myristic acid)	$C_{14:0}$	椰子油、奶油、肉豆蔻脂肪
棕榈酸(palmitic acid)	$C_{16:0}$	牛羊肉、猪肉大部分脂肪
棕榈油酸(palmitoleic acid)	$C_{16:1}$，n—7 cis	棕榈油

续表

名　　称	代　　号	食物来源
硬脂酸(stearic acid)	$C_{18:0}$	牛羊肉、猪肉大部分脂肪
油酸(oleic acid)	$C_{18:1}$, n—9 cis	大多数油脂
反油酸(elaidic acid)	$C_{18:1}$, n—9 trans	人造黄油
亚油酸(linoleic acid)	$C_{18:2}$, n—6,9 all cis	植物油
α-亚麻油酸(α-linolenic acid)	$C_{18:3}$, n—3,6,9 all cis	植物油
γ-亚麻油酸(γ-linolenic acid)	$C_{18:3}$, n—3,6,12 all cis	微生物发酵
花生酸(arachidic acid)	$C_{20:0}$	花生油、猪油
花生四烯酸(arachidonic acid)	$C_{20:4}$, n—6,9,12,15 all cis	植物油、微生物发酵
二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)	$C_{20:5}$, n—3,6,9,12,15 all cis	鱼油
芥子酸(erucic acid)	$C_{22:1}$, n—9 cis	菜子油
二十二碳六烯酸(docosahexenoic acid, DHA)	$C_{22:6}$, n—3,6,9,12,15,18 all cis	鱼油
神经酸(nervonic acid)	$C_{24:1}$, n—9 cis	鱼油

二、必需脂肪酸及重要性

(一)必需脂肪酸(Essential Fatty Acid, EFA)

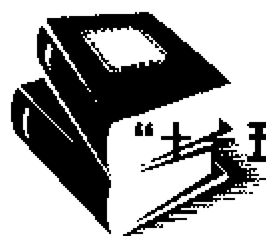
在不饱和脂肪酸中有几种多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA)在人体内不能合成,必须由食物提供,这几种多不饱和脂肪酸称必需脂肪酸。目前确认的人体必需脂肪酸包括亚油酸($C_{18:2}$, n—6)和α-亚麻酸($C_{18:3}$, n—3)。

以前认为是必需脂肪酸的花生四烯酸($C_{20:4}$, n—6)可由 $C_{18:2}$, n—6 转变而来,在亚油酸供给充裕时不致缺乏,因此不再被认为是必需脂肪酸。

含亚油酸丰富的油脂如表3—5所示。

表3—5　亚油酸的丰富来源(/100g)

来　源	亚油酸/g	来　源	亚油酸/g
红花油	73	向日葵籽	30
玉米油	57	巴西核桃	25
棉籽油	50	人造黄油	22
大豆油	50	番瓜和番瓜籽	20
芝麻油	40	西班牙花生	16
黑核桃油	37	花生酱	15
英国核桃	35	杏仁	10



(二)必需脂肪酸的重要性

人们对 EFA 的研究已经历了半个多世纪,但它的生理作用等尚未完全知晓。其已知的作用有:

1. 组织细胞的组成成分

机体利用必需脂肪酸合成的磷脂是所有细胞的组成成分,对细胞膜和线粒体的结构特别重要。当其缺乏时磷脂合成受阻,会造成动物皮肤细胞对水的通透性增加,毛细血管的脆性和通透性增加,皮肤可出现由水代谢严重紊乱引起的湿疹病变(皮炎),并可出现血尿。

2. 是前列腺素的前体

可由亚油酸衍生得到的花生四烯酸是前列腺素的前体,体内各细胞均可合成并分布在体内各重要组织和体液中。它对神经、内分泌、生殖及物质代谢都具有一定的调节功能。如前列腺素可控制脂肪组织中甘油三酯的水解,前列腺素合成下降,脂肪组织中酯解速度加速。

3. 与类脂代谢关系密切

必需脂肪酸对胆固醇代谢很重要,胆固醇与必需脂肪酸结合后,在体内运转,进行正常代谢。

4. 维持正常视觉功能

α-亚麻酸可在体内转变成二十二碳六烯酸(DHA),DHA 在视网膜光受体中含量丰富,是维持视紫红质正常功能的必需物质。因此,必需脂肪酸对增强视力或维持视力正常有良好作用。

5. 与动物精子形成有关

必需脂肪酸缺乏可使动物生殖力下降,出现不孕症,授乳过程亦发生障碍。但成人很少发生脂肪酸的缺乏,因为要耗费贮存在体内脂肪组织中的亚油酸的一半约需要 26 个月。

6. 其他

必需脂肪酸有保护由于 X 射线、高温引起的一些皮肤伤害的作用,这可能是由于新生组织生长时需要亚油酸,受伤组织的修复过程也需要亚油酸。

三、脂类在体内的代谢

(一)甘油三酯在体内的转运、分解与贮存

1. 脂肪在体内的代谢

脂肪是复杂的有机化合物,不能直接被机体所吸收。油脂的消化主要在小肠中进行,在胰液和胆汁作用下与胆盐混匀乳化。其一部分被脂肪酶水解成甘油和脂肪酸,吸收时又重新合成具有本身特性的甘油三酯;另一部分未经水解或部分水解的油脂微滴可直接被肠壁吸收,经淋巴系统进入血循环,由脂蛋白运送分布全身,成为血脂的主要部分;小部分短链及中链脂肪酸、甘油三酯可经门静脉进入肝脏。

摄入的脂肪与体脂在代谢上构成一种可以互换的动态平衡,同样参加分解代谢。体脂在分解代谢前,靠脂蛋白由血液运至肝脏,经磷酸化、脱氢、氧化等一系列化学反应变为活性较高的物质,参加分解代谢。

人体贮存脂相当一部分是由糖转化而来。食物所含脂肪只是构成体内脂肪的原料,其中的脂肪酸必需在肠壁、肝脏和脂肪组织中进行碳链加长与饱和度改造,才能变为贮存脂。吸收后的脂肪大部分贮存于脂肪组织作为能源贮备,需要时动用。体内各细胞组织除成熟的红细胞外,几乎都有氧化利用脂肪的能力。

脂肪在体内的动态变化见图3—2。

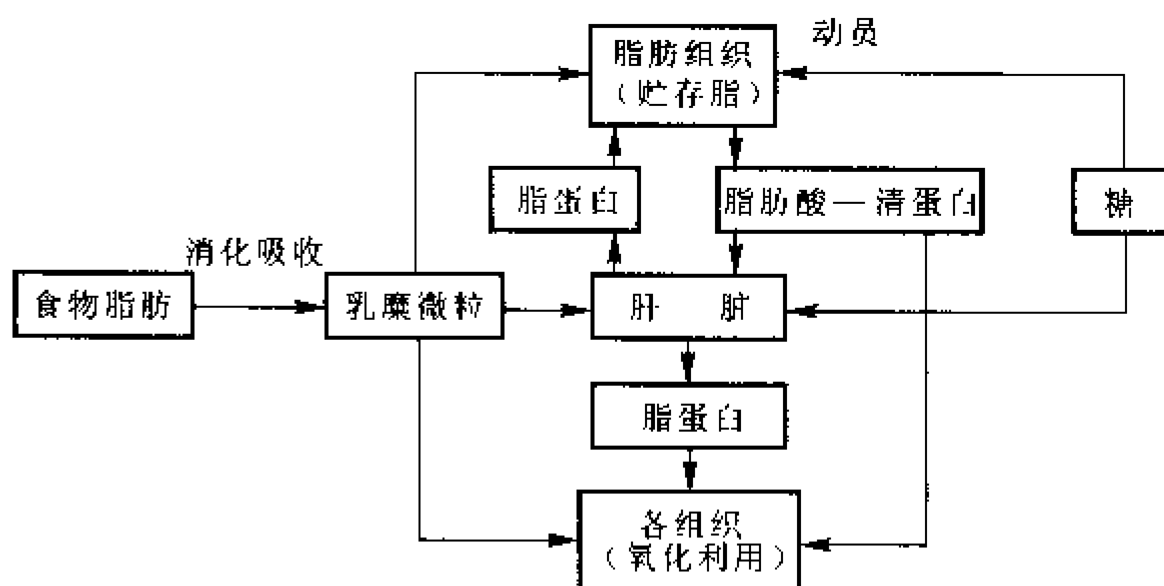


图3—2 脂肪在体内的动态变化示意图

2. 脂肪代谢的调节

脂类代谢受神经与激素的调节。肾上腺素、生长激素、促肾上腺皮质激素、甲状腺素等促进体脂释放游离脂肪酸，而胰岛素、前列腺素则促进体脂合成。此外，膳食组成和机体的营养状态也影响脂类在体内的代谢过程。

（二）磷脂、胆固醇在体内的转运与利用

1. 磷脂

磷脂随食物进入消化道，在小肠被磷脂酶水解为甘油、脂肪酸、磷酸和胆碱（或乙醇胺），然后再被吸收。一部分未经水解（约25%未经水解，以分散极细微的乳融状态直接吸收到门静脉入血）直接随乳糜微粒进入体内，其吸收机制与脂肪相似，其中脂肪酸和甘油吸收途径与油脂相同，磷酸以Na^+/K^+盐形式吸收，胆碱经淋巴吸收。

2. 胆固醇

食物中胆固醇及酯需在胆汁和脂肪的存在下才能被肠道吸收，在小肠黏膜与脂蛋白结合，随乳糜微粒进入血流，平均吸收约500～800mg/d。血中胆固醇一部分直接排入肠道；另一部分在肝内合成胆汁酸经胆道排入肠，大部分重吸收，进行肝肠循环；还有少量胆固醇在性腺及肾上腺皮质可转化为性激素和肾上腺皮质激素，或在肝和肠道内脱氢成为7－脱氢胆固醇；仅少量在大肠内经细菌分解还原为粪固醇排出。正常人血中胆固醇浓度为150～280mg/100mL。

胆固醇代谢受食物因素影响，如豆固醇、谷固醇、食物纤维、姜等可减少其吸收，牛奶可抑制其生物合成，大豆可增加其排泄，蘑菇可改变血浆和组织间胆固醇的平衡，肝脏通过合成、破坏、排泄来调节血清中游离胆固醇浓度。

四、脂类的生理功能

（一）供给能量

由于特殊的分子组成，脂肪氧化燃烧所释放出的热量高于蛋白质和碳水化物，是同量蛋白



质和碳水化物的2.25倍,每克脂肪可供给机体39.7kJ(9.46kcal)。积存的体脂是机体的"燃料仓库",饥饿时机体首先消耗糖原、体脂,保护蛋白质。人体细胞除红血球和某些中枢神经系统外,均能直接利用脂肪酸作为能源。人体所需热量的30%左右来自脂类。

(二)构成机体组织

尽管体脂过多会影响身体健康,但适量的体脂却是必需的,是人体重要的组成部分。脂肪在体内约占体重的10% ~20%左右。

1.构成器官和神经组织的保护性隔离层

脂肪在机体器官周围起着支持、缓冲的作用,减轻外力对机体的震动,保持身体不受温度迅速变化的影响或热量过多的损失,具有隔热、保温的作用。

2.构成细胞结构的基本原料

类脂质中的磷脂是构成细胞膜、神经髓鞘外膜和神经细胞的组成分,而固醇是体内制造固醇类激素的必需物质。脂蛋白直接参与血液成分的构成。

(三)提供必需脂肪酸(EFA)

EFA是一种不饱和脂肪酸,机体无法合成,只能由膳食供给,它是组织细胞的组成成分,对线粒体和细胞膜特别重要。

(四)作为脂溶性维生素的载体并协助其吸收利用

膳食中适量脂肪的存在有利于脂溶性维生素的吸收。脂溶性维生素多伴随着脂肪的存在,如黄油、鱼肝油、麦胚油、豆油等含有维生素D、维生素E等。

此外,脂类可刺激胆汁的分泌,促进脂溶性维生素在消化道的消化吸收。

(五)其他

甘油三酯在纯的状态下相对无味,但它可吸收、保留食物的香味。烹调油脂可改善食物的感官特性,赋予食品特殊风味,提高食欲。脂肪进入十二指肠,刺激产生肠抑胃素(enterogaotrone),能延长食物在胃中停留的时间,产生较长的饱腹感。油脂还有润肠缓泻作用。

五、人体内的脂类物质及脂肪代谢异常

(一)人体内的脂类物质

1.贮存脂

贮存脂主要指存在于人体皮下结缔组织、腹腔大网膜、肠系膜等处的甘油三酯,它是体内过剩能量的贮存形式。脂肪细胞贮存的甘油三酯可达细胞体积的80% ~90%。人若长期摄能过多、活动过少即可使贮存脂增加,使人发胖。

2.结构脂

存在于细胞膜和细胞器中,主要成分为磷脂、鞘脂及胆固醇等,它们在各器官和组织中含量比较恒定,即使长期饥饿也不会被动用。磷脂是所有细胞的组成成分。胆固醇是人体细胞的重要组成成分,在体内有重要生理功能。

3. 血浆脂蛋白

血浆脂蛋白也称载脂蛋白。根据其组成、密度和功能可分为：

(1)乳糜微粒(chylomicron,CM)：由小肠上皮细胞合成，主要成分为膳食脂肪，其作用在于运输外源性甘油三酯到肝和脂肪组织代谢，不受饮食影响。

(2)极低密度脂蛋白(very-low-density lipoprotein,VLDL)：由肝脏产生，主要由甘油三酯构成，但磷脂和胆固醇含量比乳糜微粒多，主要由肝合成，负责将甘油三酯由肝脏送往全身脂肪组织或其他组织储存。

(3)低密度脂蛋白(low-density lipoprotein, LDL)：肝内产生的载荷脂肪的特殊蛋白质。其主要成分为胆固醇的一类脂蛋白，将胆固醇由肝脏送到各个组织中作为制造细胞膜和某些激素的原料。当血浆中LDL浓度增高时，预示存在动脉粥样硬化的潜在危险。

(4)高密度脂蛋白(high-density lipoprotein, HDL)：主要由大量蛋白质、磷脂和少量胆固醇、甘油三酯等组成，肝脏和小肠都能合成HDL，它在血浆中的浓度比较恒定。不受膳食中饱和脂肪酸和胆固醇的影响，主要作用是从组织中清除不需要的胆固醇，并送往肝脏代谢处理，然后排出，因此HDL可防止脂质在动脉壁沉积而引起动脉硬化，保护心血管系统的健康。要增加HDL/LDL比，可通过过量体重的降低、坚持体育运动、食用低动物脂肪和低胆固醇的食物、适量酒精以及在医生指导下服用药物如安妥明和烟酸等方法。

(二)脂肪代谢异常

肝是脂类代谢的重要场所。脂类的改造、合成、分解、酮体的生成、脂蛋白的代谢都在肝中进行。这些代谢过程发生障碍，肝脏脂类代谢就会失去平衡而发生酮尿症、脂肪肝等疾病。冠心病与脂质代谢紊乱有密切关系。

六、食用油脂的营养价值评价

(一)油脂的消化率

油脂的消化率与其熔点有密切关系。油脂的消化率和吸收速度直接说明了油脂的利用率，消化率高，吸收速度快的油脂，利用率就高。常用油脂的脂肪酸含量、比例及消化率见表3—6。

表3—6 常用油脂的脂肪酸含量、比例及消化率

脂肪种类	脂肪酸种类及含量(%)				P/S*	消化率(%)
	多不饱和	饱和	亚油酸	亚麻酸		
菜子油	21.5	4.5	14.2	7.3	4.78	99.0
大豆油	62.8	14.8	52.2	10.6	4.24	97.5
芝麻油	46.6	12.5	43.7	2.9	3.73	—
玉米油	48.3	15.2	47.8	0.5	3.18	96.8
棉籽油	55.6	27.9	55.6	—	3.11	97.2
花生油	37.6	19.9	37.6	—	1.89	98.3

续表

脂肪种类	脂肪酸种类及含量(%)				P/S*	消化率(%)
	多不饱和	饱和	亚油酸	亚麻酸		
米糠油	35.2	20.8	34.0	1.2	1.67	—
棕榈油	9.0	53.0	9.0	—	0.16	98.0
椰子油	8.5	91.5	6.0	2.0	0.06	97.9
猪　油	8.5	42.7	8.3	0.2	0.20	97.0
牛　油	6.3	51.6	3.9	1.3	0.12	87.0
黄　油	5.8	58.3	3.6	1.3	0.10	98.0
羊　油	3.4	62.6	2.0	0.8	0.05	88.0

注：* P/S 指多不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸之比。

(二)油脂稳定性

油脂在空气中长时间放置或受不利因素影响会发生变质酸败，不仅有异味，且营养价值下降，因其中的维生素、脂肪酸被破坏，发热量下降，甚至产生有毒物质，故长时间放置的油脂不宜食用。

(三)脂肪酸和维生素的种类及含量

油脂中必需脂肪酸含量高、脂溶性维生素高，被认为营养价值高。植物油是必需脂肪酸亚油酸的主要来源。某些植物油中含的谷固醇能抑制胆固醇在肠的吸收，有利于防止高血脂症和动脉粥样硬化。

七、脂肪的推荐摄取量(DRIs)及食物来源

(一)膳食脂肪的推荐摄取量

膳食脂肪的推荐摄取量因年龄、季节、劳动性质和生活水平而定，但脂肪的热比应保持适中。我国居民膳食脂肪推荐摄取量(DRIs)为成人占总热能的20% ~30%，儿童少年为总热能的25% ~30%。

(二)摄入脂肪的种类

一般认为动物油脂与植物油混合使用利于健康。原则上提供适量的必需脂肪酸，一般认为至少应占每日总能量的2%(约8g/d)；婴儿对其需求较成人迫切，对其缺乏也较敏感。

(三)脂肪的食物来源

油脂主要来源于各种植物及动物脂肪，坚果中的脂肪也很高，可作为膳食脂肪的辅助来源。

植物性食品如大豆、花生、芝麻等含油较丰富；蘑菇、蛋黄、核桃、大豆、动物脑、心、肝、肾等

富含磷脂;乳脂、蛋黄是婴幼儿脂类的良好来源。一般的谷物、蔬果类食物油脂含量甚微,作为油脂的来源没有实际意义。

动物性食物脂肪含量视品种、部位而异,与乳、蛋一样,会受气候、饲养条件的影响,不同品种的肉类脂肪含量不同,如瘦猪肉脂肪含量为59.8%、牛肉为10.2%、鸡肉为2.5%;同一动物的脂肪含量也会因组织部位不同而含量差异较大,如肥猪肉90.8%,瘦猪肉15.3%~28.8%,猪肚2.7%,猪肝4.5%,猪肾3.2%。

第三节 蛋白质

蛋白质(protein)是由氨基酸通过肽键连接起来的生物大分子,相对分子质量可达到数万甚至百万,并具有复杂的立体结构,它是生物体细胞和组织的基本组成成分,是各种生命活动中起关键作用的物质,而且蛋白质在遗传信息的控制、高等动物的记忆及识别等方面都具有十分重要的作用。

蛋白质除主要含碳、氢、氧、氮四种元素外,有的蛋白质还含有硫和磷,此外在少量蛋白质中还含有铁、铜、锌、碘等微量元素。

一、蛋白质的分类及必需氨基酸

(一)蛋白质的分类

蛋白质种类繁多,功能各异,不同研究领域有不同的分类方法。食品营养学中,根据蛋白质营养价值的高低,常用以下分类方法:

1. 完全蛋白质

这类蛋白质含有人体生长所必需的各种氨基酸,且氨基酸比例接近人体需要,当这类蛋白质为惟一蛋白质来源时,能促进机体健康生长。动物来源的蛋白质大多为完全蛋白质,如奶中的酪蛋白、乳白蛋白,蛋类中的卵白蛋白、卵黄磷蛋白,肉类中的白蛋白、肌蛋白和大豆中的大豆蛋白等。

2. 不完全蛋白质

这类蛋白质缺少一种或几种人体必需的氨基酸,当仅用这种蛋白质作为惟一蛋白质来源时,它不能促进机体生长,甚至不能维持其生存,如玉米胶蛋白、动物结缔组织、蹄筋胶质及由动物皮等制得的白明胶等。

3. 半完全蛋白质

介于上述两种蛋白质之间,含有人体所必需的各种氨基酸,但氨基酸组成比例不平衡,依其作为惟一蛋白质来源时,能维持机体生命,但不能促进机体生长发育,如小麦、大麦中的麦胶蛋白等。

(二)必需氨基酸和限制氨基酸

1. 必需氨基酸(essential amino acid,EAA)

组成人体蛋白质的20多种氨基酸中,已确定有8种人体自身不能合成或合成速度远不能满足机体需要,必须从食物中获得,这一类氨基酸称为必需氨基酸,包括赖氨酸、亮氨酸、异亮



氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸和缬氨酸，而组氨酸对婴幼儿是必需的。半胱氨酸和酪氨酸可分别由蛋氨酸和苯丙氨酸转化而来。当膳食中半胱氨酸和酪氨酸充足时，可减少蛋氨酸和苯丙氨酸的消耗，因此有人将这两种氨基酸称为半必需氨基酸，在计算食物必需氨基酸组成时，可将蛋氨酸和半胱氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸分别合并计算。

构成人体组织蛋白质的各种氨基酸有一定比例，膳食蛋白质所提供的必需氨基酸除数量充足外，其相互间的比例也很重要，以利于机体充分利用。FAO/WHO 联合专家委员会分别于1973 年和 1985 年提出了不同年龄人群每日必需氨基酸需要量及氨基酸需要量模式。氨基酸需要量模式是指每克蛋白质中含有各种必需氨基酸的毫克数，为方便起见，将其中含量最少的色氨酸作为 1，而计算出其他必需氨基酸的相应比值(见表 3—7)。

表 3—7 每日必需氨基酸需要量估计及氨基酸需要量模式

氨基酸	需要量/[mg/(kg·d)]				氨基酸模式	比值
	婴儿(3~4 月)	儿童(2 岁)	学龄儿童(10~12 岁)	成人		
组氨酸	28	(?)	(?)	(8~12)		
异亮氨酸	70	(31)	30(28)	10	40	4.0
亮氨酸	161	(73)	45(44)	14	70	7.0
赖氨酸	103	(64)	60(44)	12	55	5.5
蛋氨酸 + 胱氨酸	58	(27)	27(22)	13	35	3.5
苯丙氨酸 + 酪氨酸	125	(69)	27(22)	14	60	6.0
苏氨酸	87	(37)	35(28)	7	40	4.0
色氨酸	17	(12.5)	4(3.3)	3.5	10	1.0
缬氨酸	93	(38)	33(25)	10	50	5.0
总计	714	(352)	261(216)	84	360	

注：①此表所示婴儿 EAA 需要量与人乳的模式稍有不同，它高于含硫氨基酸和色氨酸。总 EAA 中未包括组氨酸。
②表中未加括号的数字来自 WHO technical report series ,522,1973。括号内的数字为后来的文献值。

膳食蛋白质中 EAA 的模式越接近人体蛋白质组成，被人体消化吸收后越易被机体利用，能满足合成蛋白质的需要，其营养价值就越高。如果一种氨基酸过多或过少，都会影响另一些氨基酸的利用，所以当 EAA 供给不足或不平衡时，蛋白质的合成就会受到影响。几种中国食物和人体蛋白质氨基酸模式见表 3—8。

表 3—8 几种中国食物和人体蛋白质氨基酸模式

氨基酸	人体	全鸡蛋	鸡蛋白	牛奶	猪瘦肉	牛肉	大豆	面粉	大米
异亮氨酸	4.0	2.5	3.3	3.0	3.4	3.2	3.0	2.3	2.5
亮氨酸	7.0	4.0	5.6	6.4	6.3	5.6	5.1	4.4	5.1
赖氨酸	5.5	3.1	4.3	5.4	5.7	5.8	4.4	1.5	2.3

续表

氨基酸	人体	全鸡蛋	鸡蛋白	牛奶	猪瘦肉	牛肉	大豆	面粉	大米
蛋氨酸＋半胱氨酸	3.5	2.3	3.9	2.4	2.5	2.8	1.7	2.7	2.4
苯丙氨酸＋酪氨酸	6.0	3.6	6.3	6.1	6.0	4.9	6.4	5.1	5.8
苏氨酸	4.0	2.1	2.7	2.7	3.5	3.0	2.7	1.8	2.3
缬氨酸	5.0	2.5	4.0	3.5	3.9	3.2	3.5	2.7	3.4
色氨酸	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

注：计算中大豆、全鸡蛋（红皮）来自上海；鸡蛋白来自河北；牛奶产自甘肃；猪瘦肉、牛肉（里脊）、小麦标准粉来自北京；大米为浙江早籼标二米

2. 限制氨基酸(limiting amino acid,LAA)

如某一种或几种必需氨基酸缺少或数量不足，将使食物蛋白质合成为机体蛋白质的过程受到限制，也因此限制了此种蛋白质的营养价值。将食物蛋白质中各种必需氨基酸的数量与人体需要量模式进行比较，相对不足的氨基酸称为限制氨基酸。如谷类限制性氨基酸为赖氨酸，其次为蛋氨酸和苯丙氨酸，而大豆、花生、牛奶、肉类相对不足的限制性氨基酸为蛋氨酸，其次为苯丙氨酸。此外小麦、大麦、燕麦和大米还缺乏苏氨酸（第2限制氨基酸），玉米缺乏色氨酸（第2限制氨基酸）。

不同食物中组成蛋白质的氨基酸数量和种类各不相同，若将不同的食物适当混合再食用，使不同的食物蛋白质之间相对不足的氨基酸相互补偿，使其比值接近人体需要的模式而提高蛋白质的营养价值，这种现象称为蛋白质的互补作用(the complementary action of protein)。

二、蛋白质在体内的动态变化及氮平衡

（一）蛋白质在体内的动态变化

食物蛋白质在消化道中被多种蛋白酶及肠肽酶水解为氨基酸，被小肠黏膜细胞吸收，进入体内的氨基酸由门静脉进入肝脏，再送入各组织的细胞内进行利用。

进食后血液中氨基酸浓度很快升高，实际上氨基酸从消化道进入血液后在5~10min内就能被全身细胞所吸收，血液中氨基酸的浓度相对恒定。

血液氨基酸在进入人体细胞后，立即合成为细胞蛋白质，因此细胞内氨基酸的浓度总是比较低，即氨基酸并非以游离形式贮存于人体细胞，而主要以蛋白质的形式贮存于细胞内。许多细胞内的蛋白质在细胞内溶酶体消化酶类的作用下又很快再次分解为氨基酸，并再次运输出细胞回到血中。正常情况下氨基酸进入血液与其输送到组织细胞的速度几乎是相等的，处于一个动态平衡状态。组织与组织之间以及新吸收的氨基酸同原有氨基酸之间共同组成氨基酸代谢库。一部分氨基酸在肝脏进行脱氨基作用后进行代谢或氧化产生能量，或转化成脂肪储存起来，肝脏是血液氨基酸的重要调节者。蛋白质在体内的动态变化见图3—3。

（二）氮平衡(nitrogen balance)

人体每天必须从食物中摄取一定量的蛋白质，用以维持生命和生长，以及维持高度的健康水平和工作能力的需要。如果缺乏蛋白质，就会使婴儿生长发育迟缓，智力发育不良，成人会



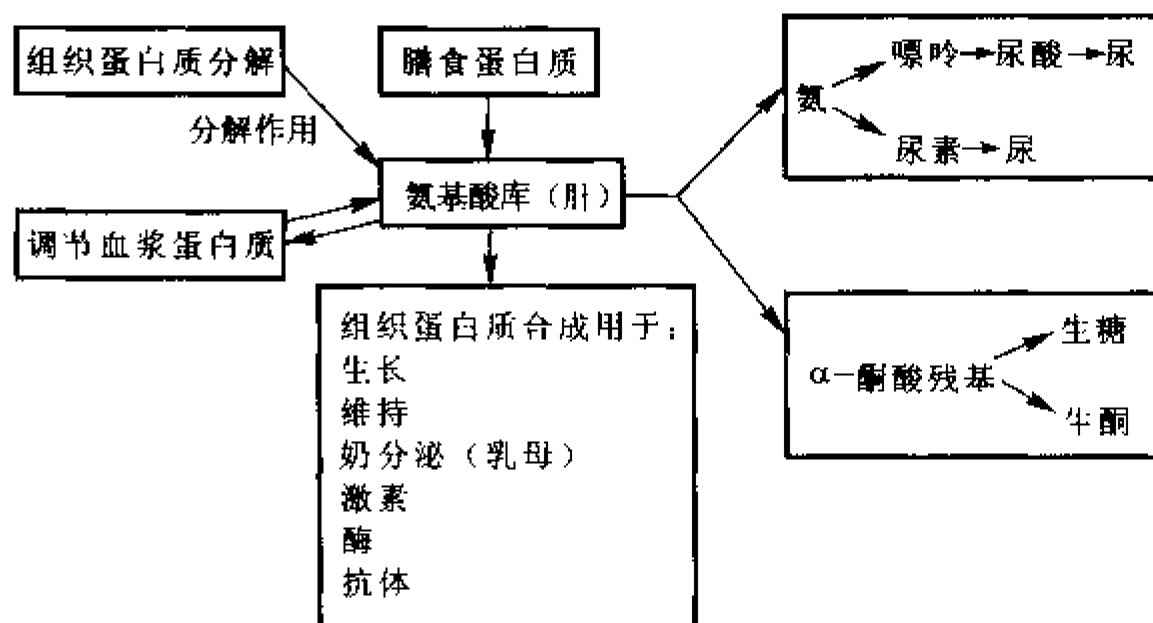


图3—3　蛋白质在体内的动态变化

出现体重减轻、肌肉萎缩、贫血、抵抗力下降等症状，严重缺乏时还会出现水肿性营养不良。

在正常情况下，成年人体中的蛋白质是相对稳定的，虽然蛋白质不断分解与合成，组织细胞不断更新，但蛋白质总量却维持动态平衡。

由于直接测定食物中所含蛋白质和体内消耗的蛋白质较为困难，因此常以通过测定人体摄人氮和排出氮的量来衡量蛋白质的动态平衡，以氮平衡的方法来反映蛋白质合成和分解之间的平衡状态。

氮平衡：如果机体摄人氮和排出氮的量相等，就称为氮平衡。

氮平衡状态可用下式表示：

摄入氮 = 尿氮 + 粪氮 + 其他氮损失（由皮肤及其他途径排出的氮）

$$I = U + F + S$$

$$B = I - (U + F + S)$$

式中　B——氮平衡；
I——摄入氮；
U——尿氮；
F——粪氮；
S——皮肤等氮损失。

如果摄人氮量大于排出氮量，即 $B > 0$，称为正氮平衡，如生长期的婴幼儿和青少年，孕期及恢复期的病人，其摄人的蛋白质有一部分变成新组织。

如果摄人氮量小于排出氮量，即 $B < 0$，称为负氮平衡。膳食中如果蛋白质长期供给不足或人体处于患病状态，则蛋白质摄人量低而体内蛋白质合成减少或分解加剧，消耗增加，氮的排出量超过摄入量。

三、蛋白质的生理功能

蛋白质是组成一切器官和细胞的重要成分之一，它除了提供机体部分能量外，还参与体内的一切代谢活动。没有蛋白质，就没有生命。

蛋白质的生理功能包括：

(一)构成和修补人体组织

蛋白质是构成生物细胞原生质的重要组成成分，如胶原蛋白、弹性蛋白等在骨骼、肌腱和结缔组织中构成身体支架，起支持作用；细胞核蛋白在生长增殖过程中发挥一定作用。

人体组织中的蛋白质始终处于合成和分解的动态平衡之中，人体每天约有3%的蛋白质参与代谢，不同年龄的人合成代谢速率不同，婴幼儿和儿童蛋白质的代谢速度最快。机体生长发育及补充新陈代谢所损失的氮，都需要从食物获得氮源，食物只有提供含必需氨基酸种类齐全、配比适当的蛋白质，才能保证机体的生长和发育。

(二)合成生理物质

机体新陈代谢必不可少的许多激素，如胰岛素、肾上腺素、甲状腺素等都是蛋白质。酶的本质也是蛋白质。一些维生素是由氨基酸转变而来的，如色氨酸可转化成尼克酸。运输氧气的血红蛋白等其本质均为蛋白质。

(三)调节体液和维持酸碱平衡

机体细胞内、外体液的渗透压必须保持平衡，这种平衡是由电解质和蛋白质的调节而达到的。当人摄入蛋白质不足时，血浆蛋白浓度降低，渗透压下降，水无法全部返回血液循环系统而积蓄在细胞间隙内，出现水肿。同时，蛋白质是两性物质，能与酸或碱进行化学反应，维持血液酸碱平衡。

(四)增强免疫力

人体的免疫物质主要由白细胞、抗体、补体等构成，合成白细胞、抗体、补体需要充足的蛋白质。吞噬细胞的作用与摄入蛋白质数量有密切关系，大部分吞噬细胞来自骨髓、脾、肝、淋巴组织，体内缺乏蛋白质，这些组织显著萎缩，制造白细胞、抗体和补体的能力大为下降，使人体对疾病的免疫力降低，易于感染疾病。

(五)提供能量

当碳水化合物或脂肪所供热能不足或蛋白质摄入量超过体内蛋白质更新的需要时，蛋白质也是热能来源。每克蛋白质可提供17.1kJ(4kcal)的热能，但蛋白质在体内的主要功能不是供能，且利用蛋白质作为供能的来源是很不经济的，会使膳食蛋白质不能有效地发挥作用，甚至不能维持平衡状态。所以，碳水化合物和脂肪有节约蛋白质的作用。

四、食品蛋白质的营养价值评价

各种食物蛋白质组成分不同，营养价值也不一样。评价食物中蛋白质营养价值高低受很多因素影响，主要包括食品中蛋白质的含量、组成与性质。总的说来，一是从“量”的角度，二是从“质”的角度来进行综合评价。

(一)食物中蛋白质的含量(protein content)

食物中蛋白质含量固然不能决定一种食物蛋白质营养价值的高低，但评定一种食物蛋白

质营养时,应以含量为基础,不能脱离含量单纯考虑营养价值。因为即使营养价值很高,但含量太低仍不能满足机体需要,也无法发挥优良蛋白质的应有作用。

由于各种蛋白质含氮量比较相近,约占蛋白质质量的16%,其倒数即为6.25。食物蛋白质含量常通过食物总氮量来测算,一般用凯氏(Kjeldahl)定氮法测定。

$$\text{粗蛋白质的质量分数(含量)} = \text{氮的质量分数(\%)} \times 6.25$$

(二)蛋白质消化率(digestibility)

蛋白质消化率是指一种食物蛋白质可被消化酶分解的程度。蛋白质消化率愈高,则被机体吸收利用的可能性越大,营养价值也越高。食物中蛋白质的消化率可由人体或动物实验测得,以蛋白质中能被消化吸收的氮的量与该种蛋白质含氮总量的比值来表示。

蛋白质的表观消化率(apparent digestibility)为

$$\text{蛋白质表观消化率} = \frac{\text{食物中被消化吸收氮的量}}{\text{摄入氮}} \times 100\% = \frac{\text{食物氮} - \text{粪氮}}{\text{摄入氮}} \times 100\%$$

蛋白质的真消化率(true digestibility)为

$$\text{蛋白质真消化率} = \frac{\text{食物氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮})}{\text{摄入氮}} \times 100\%$$

粪氮:代表食物中不能被消化吸收的氮。

粪代谢氮:受试人完全不吃含蛋白质的食物时,测定其粪便中的含氮量。

表观消化率在实际应用中往往不考虑粪代谢氮,这样不仅试验方法简单,而且因所测得的结果比真消化率要低,具有一定安全性。

几种食物蛋白质的消化率见表3—9。

表3—9 几种食物蛋白质的消化率 %

食 物	真消化率	食 物	真消化率	食 物	真消化率
鸡蛋	97 ± 3	大米	88 ± 4	大豆粉	87 ± 7
牛奶	95 ± 3	面粉(精)	96 ± 4	菜豆	78
肉、鱼	94 ± 3	燕麦	86 ± 7	花生酱	88
玉米	85 ± 6	小米	79	中国混合膳	96

消化率的影响因素很多,不仅与食物来源有关,也与人的消化功能等有关。

(三)蛋白质的利用率

蛋白质的利用率指食物蛋白质被消化吸收进入人体内后被利用的程度,常见蛋白质的利用率如表3—10所示。测定蛋白质利用率的指标和方法很多,其中包括:

1. 蛋白质的生物价(biological value, BV)

蛋白质生物价以食物蛋白质在体内被吸收的氮与吸收后在体内储留真正被利用的氮的数量比来表示,即蛋白质被吸收后在体内被利用的程度。

$$BV = \frac{氮在体内的储备量}{氮在体内的吸收量} \times 100\%$$

$$储留氮 = 摄入氮 - (粪氮 - 肠道代谢废物氮) - (尿氮 - 尿内源氮)$$
$$= 吸收氮 - (尿氮 - 尿内源氮)$$
$$吸收氮 = 摄入氮 - (粪氮 - 肠道代谢废物氮)$$

尿内源氮指机体不摄入蛋白质时，肠中所含有的氮，来自组织蛋白质的分解。

2. 蛋白质的净利用率(net protein utilization，NPU)

蛋白质的净利用率表示蛋白质在体内被利用的情况，即在一定条件下，在体内储留的蛋白质在摄入蛋白质中所占的比例。NPU 将蛋白质的消化率与生物价结合起来，用于评价食物蛋白质的营养价值。

$$NPU = \frac{氮储留量}{氮摄入量} \times 100\% = BV \times 消化率$$

3. 蛋白质的功效比(protein efficiency ratio，PER)

蛋白质的功效比表示实验动物在规定的实验条件下每摄取 1g 蛋白质体重增加的量。一般以含受试蛋白质 10% 的合成饲料喂养 28d，计算动物每摄入 1g 蛋白质所增体重的克数。

$$PER = \frac{动物体重增加(g)}{摄入食物蛋白质(g)}$$

表 3—10 几种常见食物蛋白质的利用率

食物	BV	NPU(%)	PER
全鸡蛋	94	84	3.92
全牛奶	87	82	3.09
鱼	83	81	4.55
牛肉	74	73	2.3
大豆	73	66	2.32

(四)相对蛋白质值(relative protein value，RPV)

将受试食物的蛋白质按 3～4 种不同剂量喂饲正在生长发育的大鼠(6 只/组)，并将其生长速度(体重增加克数)与蛋白质剂量(饲料中%)绘成回归线，求出斜率。利用率越高的蛋白质斜率越大，同时以乳白蛋白作为参考标准，将其回归线斜率作为相对蛋白质值 100，求出其他蛋白质的 RPV。

$$RPV = (蛋白质回归线斜率/13.09) \times 100\%$$

(五)氨基酸评分法(amino acid score，AAS)

氨基酸评分也称化学分或蛋白质分，由食品蛋白质中必需氨基酸的含量与相互比值决定。通常将鸡蛋蛋白质作为参考蛋白质，评定一种蛋白质的营养价值时，可将其必需氨基酸含量逐一与此种参考氨基酸构成比例相比较，并按下式计算：



$$AAS = \frac{每克待评蛋白质中某种氨基酸(mg)}{参考蛋白质中该种氨基酸(mg)} \times 100\%$$

氨基酸评分：通常指受试蛋白质中第一限制氨基酸与理想氨基酸模式中相应氨基酸的比值，作为该蛋白质的AAS。实际工作中通常采用赖氨酸、含硫氨基酸（蛋、胱）或色氨酸。

经消化率修正的氨基酸评分（protein digestibility corrected amino acid score，PDCAAS）可替代蛋白质功效比值PER，对除孕妇和1岁以下婴儿以外的所有人群的食物蛋白质进行评价。表3—11为几种食物蛋白质经消化率修正的氨基酸评分。

经消化率修正的氨基酸评分（PDCAAS）= 氨基酸评分 × 真消化率

表3—11 几种食物蛋白质经消化率修正的氨基酸评分

食物蛋白	经消化率修正的氨基酸评分	食物蛋白	经消化率修正的氨基酸评分
酪蛋白	1.00	斑豆	0.63
鸡蛋	1.00	燕麦粉	0.57
大豆分离蛋白	0.99	花生粉	0.52
牛肉	0.92	小扁豆	0.52
豌豆粉	0.69	全麦	0.40
菜豆	0.68		

五、影响蛋白质在体内利用效果的因素

（一）消化率

大多数动物蛋白质的氨基酸吸收效率高，而很多植物性蛋白质消化吸收率相对较低。

（二）氨基酸组成不平衡

当膳食中加入单一氨基酸或氨基酸混合物而降低了膳食蛋白质的利用时，将出现某种类型的氨基酸不平衡。当蛋白质摄入量低时，即使少量增加某些氨基酸的浓度，也会使其他氨基酸的需要增加。一种膳食氨基酸的利用，也可因饮食中加入与它结构有关的另一种氨基酸而被降低，如过量亮氨酸干扰异亮氨酸和缬氨酸的利用。

（三）摄入热能不足

单独食用蛋白质而无糖类相伴时蛋白质不可能被用来建造和修补组织。当热能供给充足时，蛋白质在体内的利用效果才主要由蛋白质的需要量和质量来决定。对补充的膳食蛋白质的充分利用需摄取适当的热量来保证。为节约蛋白质，每日需摄取50－100g可消化的碳水化合物。

（四）维生素和矿物质摄入水平

对正常生长和代谢所需要的任何一种必需矿物质和维生素都能影响膳食蛋白质的利用。当维生素和矿物质减少到一定程度时便导致体内物质的减少。

（五）非必需氨基酸氮

非必需氨基酸仍然是蛋白质分子的主要部分，其氮的比例影响必需氨基酸的需要量。如食物中必需氨基酸占全氮的比例太高则将被用作非必需氨基酸的氮源。

（六）食品加工

加工过程中的加热和使用化学品可影响氨基酸的有效性。如在还原糖（葡萄糖或乳糖）存在时加热会发生美拉德反应，使有效赖氨酸损失。

（七）体力活动少

人体合成蛋白质的能力还受体力活动的影响，经常从事体力活动的人肌肉发达。同一个体，长期不从事体力活动，在体重不变的情况下，会肌肉松弛而体脂增加。

（八）伤害

受伤后氮排泄会增加，采用普通膳食的人，每天损失的氮可高达20g。

（九）情绪波动

忧虑、恐惧、发怒等异常精神压力使肾上腺激素分泌量增加，促使糖原分解加速，并促进脂肪氧化及蛋白质分解，使氮丢失。

六、蛋白质—能量营养不良

蛋白质缺乏在成人和儿童中都有发生，但处于生长阶段的儿童更为敏感。据WHO估计，目前世界上大约有500万儿童蛋白质—热能营养不良（protein-energy malnutrition，PEM）。PEM由疾病或营养不良引起，但大多数是因贫穷和饥饿。PEM会使食物蛋白质不能全部完成其必需的功能。

由于蛋白质缺乏而引起的严重综合征被称为加西卡（Kwashiorker）病，即热能摄入基本满足而蛋白质严重不足的儿童营养性疾病。该病主要表现为腿腹部水肿、虚弱、情感淡漠、易感染其他疾病等；生理上的变化有牙齿生长延迟、牙珐琅质瓣死及因贫血引起的牙床和黏膜苍白。另一种情况是蛋白质、热能摄入均严重不足的儿童营养性疾病，称Marasmus，意为消瘦。患儿消瘦无力，易感染其他疾病而死亡。也有人认为此两种营养不良症是PEM的两种不同阶段。对成人来说，蛋白质摄入不足同样可引起体力下降、浮肿、抗病力减弱等现象。

引起蛋白质缺乏的原因有：①膳食中蛋白质—能量供给不足；②疾病和老龄妨碍蛋白质消化和吸收；③一些疾病如肝脏病变造成蛋白质合成障碍；④由于创伤、手术、甲状腺功能亢进等可加速组织蛋白质的分解破坏，造成负氮平衡。



但是，蛋白质，尤其是动物性蛋白质摄入过多，对人体同样有害。首先摄入过多的动物蛋白质，就必然摄入较多的动物脂肪和胆固醇。其次蛋白质过多本身也会产生有害影响。正常情况下，人体不贮存蛋白质，所以必须将过多的蛋白质脱氨分解，氮则由尿排出体外。这一过程需要大量水分，从而加重了肾脏的负担，若肾功能本来不好，则危害就更大。过多的动物蛋白摄入，也造成含硫氨基酸摄入过多，这样可加速骨骼中钙质的丢失，易产生骨质疏松。

七、蛋白质的推荐摄入量及食物来源

(一)蛋白质的推荐摄入量(DRIs)

蛋白质供给问题是营养问题的焦点之一，但蛋白质人体需要量的衡量是依照年龄的不同有不同的方法，对婴儿来说是以母乳为基础的测量方法，对成人来说主要以要因计算法和氮平衡法。依照我国的饮食习惯和膳食构成以及各年龄段人群的蛋白质代谢特点，我国营养学会2000年提出DRIs，其中中国居民膳食蛋白质推荐摄入量见表附录1。按此推荐量摄入蛋白质是较为安全和可靠的。

(二)蛋白质的食物来源

动物食品蛋白质质量较高，畜、禽、肉和鱼类蛋白质含量约为16%～20%，蛋类为11%～14%，鲜奶为2.7%～3.8%。植物性食品蛋白质含量较高的是干豆类，约20%～40%，花生、核桃等硬果约15%～30%，薯类2%～3%，谷物约7%～10%。植物蛋白质生理价值一般较动物蛋白质低，但对于我国居民来讲植物蛋白是重要的蛋白质来源。

因此，为提高日常膳食中蛋白质的营养价值，应当注意食物多样化，粗细杂粮兼用，防止偏食，使动物蛋白、豆类蛋白、谷类蛋白合理分布于各餐中，以此充分发挥蛋白质互补作用，提高蛋白质的利用率。

八、具有特殊功效的肽与氨基酸

(一)牛磺酸

牛磺酸广泛存在于动物组织和植物中，在机体内分布于中枢神经系统、视网膜、肝、骨骼肌、心肌、血细胞、胸腺及肾上腺等，尤以脑组织和心脏的浓度高。

牛磺酸具多种生理功能，包括：保护视网膜，维护视网膜光感受活性；体内氧化物质的清除剂；与胆碱结合形成硫磺胆酸，参与脂类的消化吸收，降低血小板聚积；改善肝功能、抑制血压上升、增强心脏收缩力、提高胰岛素活性等。

牛磺酸在营养上是非常重要的，但在体内可由蛋氨酸、半胱氨酸合成，当体内牛磺酸不足时还可通过肾脏重吸收和减少排泄，以维持体内含量的稳定。从食物中获得的过量牛磺酸则从尿中排出，一般不会缺乏。婴幼儿由于体内牛磺酸合成所需的半胱亚磺酸脱羧酶活性较低，合成量不敷需要，但人乳含丰富的牛磺酸，约260～350μmol/100mL，同时含有胆汁酸盐激活脂酶。因此，母乳喂养有利于婴儿对脂肪的消化吸收，而人工喂养儿需补充。

含硫磺酸较高的食物有海产品、畜禽肉及内脏，其牛磺酸含量见表3—12。

表 3—12　畜禽、水产类、奶类食品中牛磺酸的质量分数　mg/100g

禽畜水产食品	制备方法	牛磺酸质量分数	禽畜水产品	制备方法	牛磺酸质量分数
禽类			水产品		
鸡，白肉	生	18 ± 3	金枪鱼	罐装	42 ± 13
	焙烤	15 ± 4	金枪鱼	生	39 ± 13
火鸡、乌鸡肉	生	169 ± 37	白鱼	生	151 ± 23
	焙烤	199 ± 27	白鱼	煮熟	172 ± 54
火鸡，白肉	生	30 ± 7	虾，小	煮熟	11 ± 1
	焙烤	11 ± 1	虾，中等	生	39 ± 13
火鸡，熏肉	生	306 ± 69	牡蛎	生	396 ± 29
	焙烤	299 ± 52	蛤蜊	生	520 ± 97
牛肉与猪肉			淡菜	生	655 ± 72
牛肉	生	43 ± 8	扇贝	生	827 ± 15
	焙烤	38 ± 10	鱿鱼	生	356 ± 95
小牛肉	生	40 ± 13	牛奶		
	焙烤	47 ± 10	全脂奶		2.4 ± 0.3
猪肉、腰部	生	61 ± 11	低脂奶		2.3 ± 0.2
	焙烤	57 ± 12	脱脂奶		2.5 ± 0.3
加工的肉类			启达乳酪		没有
火腿	烤	50 ± 6	瑞士乳酪		没有
意大利香肠	腌制	59 ± 8	低脂酸奶		3.3 ± 0.5
猪肉/牛肉红肠	腌制	31 ± 4	低脂桃子酸奶		7.8 ± 0.9
火鸡红肠	腌制	123 ± 5	香草冰激凌		1.9

（二）精氨酸

精氨酸为人体非必需氨基酸。但在有些情况如机体发育不成熟或在严重应激条件下，如缺乏精氨酸，机体便不能维持正氮平衡与正常生理功能，会导致血氨过高，甚至昏迷。精氨酸可刺激垂体分泌生长激素，对促进儿童生长有作用。精氨酸还可促进胶原组织的合成，有促进伤口愈合的作用。补充精氨酸能增加胸腺重量，防止胸腺的退化，促进胸腺中淋巴细胞的生长。在免疫系统中，除淋巴细胞外，吞噬细胞的活力也与精氨酸有关。加入精氨酸后，可活化其酶系统，使之更能杀死肿瘤细胞或细菌等靶细胞。补充精氨酸还能减少患肿瘤动物的肿瘤体积、降低肿瘤的转移率，提高动物的存活时间与存活率。可增加肝脏中精氨酸酶活性，有助于将血液中的氨转变为尿素排泄出去。

（三）谷氨酰胺

谷氨酰胺是人体含量最多的一种非必需氨基酸。在剧烈运动、受伤、感染等应激条件下，谷氨酰胺需要量远大于机体合成谷胺酰胺的能力，使体内谷胺酰胺含量降低，蛋白质合成减少，出现小肠黏膜萎缩与免疫功能低下现象。

谷氨酰胺主要生理功能有：其酰胺基上的氮是生物合成核酸的必需物质；器官与组织之间氮与碳转移的载体；是蛋白质合成与分解的调节器，可形成其他氨基酸；肾脏排泄氨的重

要物质;是小肠黏膜的内皮细胞、肾小管细胞、淋巴细胞、肿瘤细胞与成纤维细胞能量供应的主要物质;防止肠衰竭的最重要营养素,也是目前为止人体是否发生肠衰竭的惟一可靠指标。

(四)谷胱甘肽(GSH)

由谷氨酸、半胱氨酸和甘氨酸通过肽键连接的三肽。分子中有一个活泼的巯基,易被脱氢氧化而有较强的还原性,在体内可清除自由基,防止体内活性物质氧化。对放射线、抗肿瘤药物所引起的白细胞减少有恢复保护作用,对有毒化合物、重金属等有解毒作用,还可抑制由于乙醇侵袭而出现的脂肪肝的发生。

第四节 能 量

人类为维持生命和从事劳动必需每天从各种食物中取得能量,以满足机体需要。不仅体力活动需要能量,即使机体处于安静状态也要消耗能量来维持体内器官的正常生理活动。没有能量,任何一个器官都无法进行工作。

一、体内能量的来源及代谢

人体所需要的热能都来自产热营养素,即蛋白质、脂肪和碳水化合物。能量食物在体内经生化氧化所释放的热能,营养学上用"kJ"或"kcal"来表示。食物热量与其化学成分有关,每克碳水化物、脂肪和蛋白质在体外氧化燃烧时分别释放17.15kJ,39.54kJ,23.64kJ的能量。对碳水化合物和脂肪而言,体内氧化和体外燃烧时所释放的能量相同,而蛋白质在体内由于不能完全被氧化分解,代谢废物中仍有含氮有机物如尿素、尿酸、肌酐等,随尿液排出体外。收集每克蛋白质不能在体内氧化所产生的这些含氮有机物并在体外燃烧,可释放出5.44kJ能量,所以每克蛋白质在体内氧化只产生17.2kJ能量。在一般混合膳食中,正常人对碳水化物、脂肪和蛋白质的消化吸收率分别为98%、95%和92%。这样每克产能营养素在体内氧化产生的净能即能量系数(每克产能营养素在体内充分氧化时所释放的热量)分别为:

碳水化物　17.15 × 98% = 16.8kJ/g(4kcal/g)

脂肪　39.54 × 95% = 37.56kJ/g (9kcal/g)

蛋白质　(23.64 − 5.44) × 92% = 16.74kJ/g(4kcal/g)

在代谢物质的氧化过程中会消耗氧气。把每消耗1L O_2 所产生的热量称为氧的热价。

1g糖完全氧化耗氧0.81L,氧化糖类时氧的热价为21kJ/L O_2(5.0kcal/L O_2)。

1g脂肪完全氧化耗氧1.98L,脂肪氧化时氧的热价为19.7kJ/L O_2(4.7kcal/L O_2)。

1g蛋白质不能完全氧化,热价计算较复杂,约为20.2kJ/L O_2(4.6kcal/L O_2)。

一般混合食物氧的热价为4.825kcal/L O_2。

二、人体的能量需要

人体能量的需要与消耗是一致的。机体的能量消耗主要由基础代谢、体力活动、食物的热效应和生长发育4方面消耗构成,其中正常成人能量消耗主要用于基础代谢、体力活动和食物的热效应,而孕妇、乳母、婴幼儿、儿童、青少年和刚病愈的机体还包括生长发育的能

量消耗。

(一)基础代谢(basal metabolism)

基础代谢指当机体处于清醒、静卧(不受肌肉活动和神经紧张的影响)和空腹状态下(饭后12~14h,不受食物特殊动力作用)以及一定环境温度(20±2)℃下维持生命所必需的最低热能需要量。为了确定基础代谢的热能消耗(basic energy expenditure,BEE),必须首先测定基础代谢率。

1. 基础代谢率(basal metabolic rate,BMR)

基础代谢率指单位时间内人体基础代谢所消耗的能量,通常以每小时、每平方米体表面积所散发的能量来表示,称为BMR。通常女性BMR约比男性低5%。按下列方法可计算出每天的基础代谢的热能消耗。

(1)用体表面积进行计算

我国赵松山于1984年提出一个相对适合中国人的体表面积计算公式,即

$$体表面积(m^2)=0.00659\times身高(cm)+0.0126\times体重(kg)-0.1603$$

根据这个公式先计算体表面积,然后再按年龄、性别查表3—14计算BMR,就可计算出24小时的基础代谢水平。人在熟睡时,热能消耗比基础代谢约减少10%,所以计算时,应扣除睡眠时少消耗的这部分热能。

表3—13是1~25岁不同年龄段的人体基础代谢率。

表3—13 人体每小时基础代谢率

年龄	男		女		年龄	男		女	
	/(kJ/m²)	/(kcal/m²)	/(kJ/m²)	/(kcal/m²)		/(kJ/m²)	/(kcal/m²)	/(kJ/m²)	/(kcal/m²)
1~3	221.8	53.0	221.8	53.0	30~35	154.0	36.8	146.9	35.1
3~5	214.6	51.3	214.2	51.2	35~40	152.7	36.5	146.4	35.0
5~7	206.3	49.3	202.5	48.4	40~45	151.9	36.3	146.0	34.9
7~9	197.7	47.3	200.0	45.4	45~50	151.5	36.2	144.3	34.5
9~11	189.9	45.2	179.1	42.8	50~55	149.8	35.8	139.7	33.9
11~13	179.9	43.0	175.7	42.0	55~60	148.1	35.4	139.3	33.3
13~15	177.0	42.3	168.6	40.3	60~65	146.0	34.9	136.8	32.7
15~17	174.9	41.8	158.8	37.9	65~70	143.9	34.4	134.7	32.2
17~19	170.7	40.8	151.9	36.3	70~75	141.4	33.8	132.6	31.7
19~20	164.0	39.2	1485	35.5	75~80	138.9	33.2	131.0	31.3
20~25	161.5	38.6	147.7	35.3	80以上	138.1	33.0	129.3	30.9
25~30	156.9	37.5	147.3	35.2					

(2)直接用公式计算

Harris和Benedict提出了下列公式,可根据年龄、身长和体重直接计算代谢热能消耗。

男 BEE = 66 + 13.7 × 体重(kg) + 5.0 × 身长(cm) − 6.8 × 年龄

女 BEE = 65.5 + 9.5 × 体重(kg) + 1.8 × 身长(cm) − 4.7 × 年龄

更为简单的方法是，成人男性按每公斤体质量每小时 1kcal(4.18kJ)，女性按 0.95kcal(3.97kJ)和体重相乘，直接计算，结果相对粗略。

(3)WHO 建议的计算方法

自 20 世纪 90 年代起，世界各国大都采用 FAO/WHO 建议的按体重计算 BMR，见表 3—14

表 3—14　按体重计算 BMR 的公式

年　龄	公　式	
	男	女
0 ~ 3	(60.9 × w) − 54	(61.0 × w) − 51
3 ~ 10	(22.7 × w) + 495	(22.5 × w) + 499
10 ~ 18	(17.5 × w) + 651	(12.2 × w) + 746
18 ~ 30	(15.3 × w) + 679	(14.7 × w) + 496
30 ~ 60	(11.6 × w) + 879	(8.7 × w) + 829
> 60	(13.5 × w) + 487	(10.5 × w) + 596

注：w 为体重(kg)

我国营养学会推荐，我国儿童、青少年该公式适用，18 岁以上人群按公式计算结果减 5%。

(4)静息代谢率

由于基础代谢率的测定比较困难，WHO 于 1985 年提出用静息代谢率(resting metabolic rate，RMR)代替 BMR。测定时，全身处于休息状态，禁食仅需 4h。因此，RMR 的值略高于 BMR。人体 24h 静息代谢参考值见表 3—15。

表 3—15　人体 24h 静息代谢参考值　　MJ

年　龄		体　重/kg								
		40	50	57	64	70	77	84	91	100
男性	10 ~ 18	5.65	6.29	6.90	7.41	7.85	8.36	8.87	9.39	10.05
	18 ~ 30	5.40	6.04	6.49	6.94	7.32	7.77	8.22	8.67	9.24
	30 ~ 60	5.62	6.11	6.44	6.78	7.08	7.41	7.75	8.10	8.53
	> 60	4.30	4.86	5.26	5.65	5.95	6.38	6.78	7.10	7.69
女性	10 ~ 18	5.16	5.67	6.03	6.38	6.69	7.05	7.41	7.77	8.23
	18 ~ 30	4.54	5.15	5.58	6.01	6.38	6.81	7.24	7.67	8.23
	30 ~ 60	4.92	5.28	5.54	5.80	6.02	6.27	6.53	6.78	7.11
	> 60	4.25	4.69	5.00	5.31	5.56	5.87	6.18	6.49	6.89

2. 影响基础代谢率的因素

(1)体型与机体构成

相同体质量者，瘦高体型的人体表面积大，其基础代谢率高于矮胖者；人体瘦体组织消耗的热能占基础代谢的70%～80%，这些组织包括肌肉、心、脑、肝、肾等，所以，瘦体质量大，肌肉发达者，基础代谢水平高。

(2)年龄及生理状态

生长期的婴幼儿基础代谢率高，随年龄增长BMR下降，一般成人低于儿童，老年人低于成年人；孕妇因合成新组织，基础代谢率增高。

(3)性别

女性瘦体质所占比例低于男性，脂肪的比例高于男性，因而同龄女性基础代谢低于男性5%～10%。

(4)环境温度

寒冷气温下的人群基础代谢率高于温带气温下的人群。

(5)应激状态

一切应激状态，如发热、创伤、心理应激等均可使基础代谢升高。

此外、种族、内分泌、情绪以及过多摄食等都可能影响基础代谢。

(二)体力活动的能量消耗

体力活动的能量消耗也称运动的生热效应。体力活动一般包括职业活动、社会活动、家务活动和休闲活动等，因职业不同造成的能量差别最大(见表3—16)。体力活动所消耗的能量又与活动强度、持续时间以及动作的熟练程度有关。即活动强度越大、持续时间越长及动作越不熟练消耗的能量越多，我国将一般成人体力活动分为三级，即轻体力活动、中体活动、重体力活动，详见表3—17。

表3—16　中体力劳动男子的能量消耗量

活动类别	时间/h	能量/kcal	能量/kJ
卧床1.0×BMR	8	520	2170
职业活动1.7×BMR	7	1230	5150
随意活动：			
社交及家务3.0×BMR	2	390	1630
维持心血管和肌肉状况，中度活动不计	—	—	—
休闲时间有能量需要4.0×BMR	7	640	2680
总计：1.78×BMR	24	2780	11630

注：25岁，体重58kg，身高1.6m，BMI 22.4，估计BMR 273kJ(65kcal)/h。

表 3—17 中国成人活动水平分级

活动水平	职业工作时间分配	工作内容举例	PAL	
			男	女
轻	75%时间坐或站立 25%时间站着活动	办公室工作、修理电器钟表、售货员、酒店服务员、化学实验操作、讲课等	1.55	1.56
中	25%时间坐或站立 75%时间特殊职业活动	学生日常活动、机动车驾驶、电工安装、车床操作、金工切割等	1.78	1.64
重	40%时间坐或站立 60%时间特殊职业活动	非机械化农业劳动、炼钢、舞蹈、体育运动、装卸、采矿等	2.10	1.82

注:PAL 即 24h 总能量消耗量除以 24h 基础代谢

(三)食物特殊动力作用

进食后,机体向外散失的热量比进食前有所增加,即人体热能消耗增加,这种由于摄取食物而引起机体能量代谢额外增加的现象就是食物特殊动力作用(specific dynamic action,SDA)。出现这种现象的原因可能是:①食物在消化道消化、吸收、代谢过程中的能量消耗。②食物中只有转化为高能磷酸键(三磷酸腺苷,ATP)的部分才能被机体利用,其余的作为热能向体外散发,从而使安静状态下机体向外散失的能量增加。不同的食物增加的能耗量不等,进食碳水化物时可增加其本身所产热能的 5% ~6%,脂肪为 4% ~5%,蛋白质为 30%。一般认为食用普通混合膳食时,食物特殊动力作用相当于每日基础代谢的 10% 或全日总能耗的 6%,约 0.63 ~0.84MJ(150 ~200kcal)的能量。

(四)生长发育

正在生长发育的机体如婴幼儿、儿童、少年需要额外的能量维持机体的生长,包括机体生长发育中新组织的形成及新组织的新陈代谢所需的能量。而孕妇生长发育的能量消耗主要用于子宫、乳房、胎盘、体内胎儿的生长发育及体脂贮备。此外,乳母分泌乳汁等也需额外补充能量。

三、人体能量需要量的测定及推算

食物中所含的能量,约一半以热能形式向外界散发,不能被机体利用,仅有助于体温维持;另一部分约有 45%左右储存于 ATP 中,供机体在各种生命过程中能量消耗之用,这些能量经组织细胞利用后,绝大部分最后也将转变为热能而散失。所以,测定机体向外散放的热能可代表机体能量代谢或能量消耗,实际就是其能量的需要量,一般可采用以下几种方法:气体代谢法、双标记法、心率监测法、活动时间记录法和要因计算法。

(一)气体代谢法

气体代谢法又称呼吸气体分析法,是常用的直接测热法,被测对象在一个密闭的气流循环装置内进行特定活动,通过测定装置内的氧气和二氧化碳浓度变化,得到氧气的消耗量,求出

呼吸商(respiratory quotient,RQ),按每升氧气产热可计算出热量消耗量,又称 Douglas 袋法。

(二)双标记水法

双标记水法(DLW)是将受试者喝入定量的双标记水,在一定时间内(8 ~ 15d)连续收集尿样,通过测定尿样中稳定的双标记同位素及消失率,计算能量消耗量。适用于任何人群和个体的测定,无毒无损伤,但费用高,需要高灵敏度、准确度的同位素质谱仪及专业技术人员,近年主要用于测定个体不同活动水平(PAL)的能量消耗值。

(三)心率监测法

用心率监测器和 Douglas 袋法同时测量各种活动的心率和能量消耗量,推算出心率－能量消耗的多元回归方程,通过一段连续时间(3 ~ 7d)监测实际生活中的心率,可参照回归方程推算受试者每天能量消耗的平均值。此法可消除一些因素对受试验者的干扰,但心率易受环境和心理的影响,目前仅限于实验室应用。

(四)活动时间记录法

此法是了解能量消耗最常用的方法。它是通过详细记录每人一天各种活动的持续时间,然后按每种活动的能量消耗率计算全天的能量消耗量。各种活动的能量消耗率可以采取他人的测定结果或用直接测定法测定。此法的优点是可以利用已有的测定资料、不需昂贵的仪器和较高的分析技术手段,但影响测定结果的因素较多,职业外活动记录难以准确,结果亦不准确。

(五)要因计算法

要因计算法是将某一年龄和不同的人群组的能量消耗结合他们的 BMR 来估算其总能量消耗量,即应用 BMR 乘以体力活动水平 PAL 来计算人体能量消耗量或需要量。

$$能量消耗量或需要量 = BMR \times PAL$$

此法通常用于人群而不适于个体,可以避免活动时间记录法工作量大且繁杂,甚至难以进行的缺陷。BMR 可以由直接测量推论的公式计算或参考引用被证实的本地区 BMR 资料,PAL 可以通过活动记录法或心率监测法等获得。根据一天的各项活动可推算出综合能量指数(integrative energy index,IED),从而推算出一天的总能量需要量。推算出全天的活动水平(PAL)可进一步简化全天能量消耗量的计算(见表 3—18,表 3—19)。

$$PAL = 24\ h 总能量消耗量/24\ h 的 BMR(基础量)$$

四、能量代谢失衡

在食物充足的情况下,正常成人可自动调节并能有效地从食物中摄取所需的能量,满足需要,维持能量代谢平衡。如受客观条件或主观因素的影响,造成能量摄取量长期低于或高于能量消耗量,人体会处于能量失衡状态,首先反映到体质量的变化,进而发展到影响健康。因此维持能量平衡和理想体质量是人体处于良好营养与健康状态的前提。

(一)体质量评价方法

常用评价体质量的方法来评价能量平衡。在营养调查中,通常将体质量、皮褶厚度或测定



脂肪与其他组织的相对构成来综合评价人体的胖瘦程度。详见第十章社区营养。

(二)能量不足

长期能量摄入不足,会动用机体储存的糖原及脂肪,造成蛋白质—热能营养不良。临床表现包括消瘦、贫血、神经衰弱、皮肤干燥、脉搏缓慢、工作能力下降、体温低及抵抗力低等,儿童还会出现生长停顿。能量不足使蛋白质参与供热,造成人体蛋白质缺乏,最终出现蛋白质—热能营养不良(PEM)。因贫困及不合理喂养造成的儿童能量轻度缺乏较为常见。

(三)能量过剩

伴随经济发展和生活水平、食物水平的提高,长期能量摄入过多与体力活动过少,会造成人体超重或肥胖、血糖升高、脂肪沉积、肝脂增加及肝功能下降等,过度肥胖还造成肺功能下降,易造成组织缺氧。肥胖并发症包括脂肪肝、糖尿病、高血压、胆结石症、心脑血管疾病及某些癌症。

控制饮食性肥胖良好的方法是控制饮食能量、增加体力活动量。

五、能量的推荐摄入量(DRIs)及食物来源

(一)能量的推荐摄入量

能量需要量是指维持机体正常生理功能所需要的能量,即长时间保持良好的健康状况、具有良好的体型、机体构成和活动水平的个体达到能量平衡,并能胜任必要的经济和社会活动所需要的能量摄入。对于孕妇、乳母、儿童等存在生长的人群,还包括满足组织生长和分泌乳汁的能量储备的需要。对于体质量稳定的成人个体,能有效自我调节食量摄入满足自身需要量,其能量需要量应等于消耗量。

能量的推荐摄入量与各类营养素的推荐摄入量(RNI)不同,它是以平均需要量(EAR)为基础,不增加安全量。我国根据目前的经济水平、食物水平、膳食特点及人群活动的特点,结合国内外已有的研究资料,制订了中国居民膳食能量推荐摄入量(RNIs),见附录1。

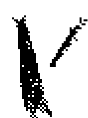
(二)能量的构成与食物来源

能量来源于食物中的碳水化物、脂肪和蛋白质。按照等能定律,从能量供给上讲,3种物质比例的变化并不影响能量的摄取,可以在一定程度上相互代替。1g碳水化物=0.45g脂肪=1g蛋白质,因而在特殊情况下可以摄取一种或两种,这也是制造特殊食品的重要依据。不同营养素有各自特殊的生理作用,长期摄取单一会造成营养不平衡,影响健康。一般条件下,碳水化物是主要能量来源,其次是脂肪,蛋白质的主要作用不是供热。学者们建议成人的碳水化物占热能的55%~65%,脂肪20%~30%,蛋白质11%~15%。

碳水化物、脂类和蛋白质广泛存在于各类食物中。粮谷类和薯类含碳水化物较多,是我国膳食热能主要来源;油料作物中富含脂肪,大豆和硬果类含丰富的油脂和蛋白质,是膳食热能辅助来源之一;蔬菜、水果含热能较少。动物性食品含较多的动物脂肪和蛋白质,也是膳食热能的重要构成部分。

在能量食物选择中,保持植物性膳食结构特点,防止高能高脂膳食的滥用,并满足机体对

能量的需求，同时保持动植物食品的均衡适宜，是合理营养与健康的关键。



思考题与习题

1. 碳水化物有哪些重要的生理功能？
2. 什么叫膳食纤维？它对人体健康有何意义？
3. 什么叫必需脂肪酸？有什么生理功能？
4. 脂类有哪些重要的生理功能？
5. 脂类的营养评价应注意哪些方面？试评价一种食用油的营养价值。
6. 过多摄食精糖和油脂对人体健康有何影响？
7. 蛋白质有何生理功能？
8. 何谓必需氨基酸？包括哪几种？认识它们对合理利用蛋白质有何作用？
9. 何谓限制性氨基酸、生物价和氨基酸评分？它们之间有何联系？
10. 简述正氮平衡、蛋白质的互补作用、完全蛋白质的概念。
11. 试述影响蛋白质在体内利用效果的因素。
12. 试述能量的作用和生物学意义。
13. 影响不同生理人群能量需要量的主要因素有哪些？
14. 你如何测定或估算某一个体或人群的能量消耗量？
15. 何谓食物特殊动力作用和基础代谢？

第四章 微量营养素和水

学习目的与要求

1. 了解矿物质在人体内的吸收代谢情况;掌握矿物质的主要生理功能、典型缺乏症及其预防措施;了解矿物质的供给量标准,并熟悉其主要食物来源。

2. 了解维生素在人体内的吸收代谢情况;掌握其主要的生理功能、典型缺乏症及其预防措施;了解维生素的供给量标准,并熟悉其主要食物来源。

3. 了解水平衡的概念,并掌握水的主要生理功能。

第一节 矿 物 质

一、概述

人体组织中含有自然界的各种元素,其中有20余种元素是人体所必需的。在这些元素中,除了碳、氢、氧和氮主要以有机化合物形式存在外,其余各种元素无论含量多少,统称为矿物质,亦称无机盐或灰分。

矿物质与有机营养素不同,它们不能在人体内合成,必须从食物和饮水中摄取。除排泄外,矿物质也不能在体内代谢过程中消失。根据矿物质在体内的含量和膳食中的需要量不同,可分成两类。钙、磷、钾、钠、镁、氯、硫7种元素,含量在体重的0.01%以上,人体需要量在100mg/d以上,称为常量元素;其他元素如铁、锌、碘、硒、铜、钴等在体内含量低于0.01%,日需要量在100mg以下,称为微量元素。

人体矿物质的总量不超过体重的4%~5%,但却是构成机体组织和维持正常生理功能必不可少的成分,其主要生理功能包括:

(1)矿物质是构成机体组织的重要物质。如钙、磷、镁是骨骼和牙齿的重要成分;磷和硫是蛋白质的组成成分。

(2)矿物质与蛋白质共同维持着细胞内外液的渗透压,因而在体液移动和贮留过程中起重要作用。

(3)矿物质中酸性、碱性离子的适当配合,加上碳酸盐、磷酸盐以及蛋白质的缓冲作用,维持机体的酸碱平衡。

(4)组织液中的矿物质,特别是钾、钠、钙、镁等离子对保持神经、肌肉的兴奋性和细胞膜的通透性非常重要。

(5)某些矿物质是机体具有特殊生理功能物质的重要成分。如谷胱甘肽过氧化物酶中含硒,细胞色素氧化酶中含铁,甲状腺素中含碘及维生素B_{12}中含钴等。

机体对食品中矿物质的吸收利用,依赖于食品可提供的矿物质总量以及可吸收程度,并且与机体的机能状态有关。某些矿物质长期摄入不足可引起亚临床缺乏症状,甚至缺乏病,如儿童生长发育迟缓、缺铁性贫血、佝偻病等。导致矿物质缺乏的主要因素有:

(1)地球环境中各种元素的分布不平衡,人群可因长期摄入在缺乏某种矿物质的土壤上生长的食品而引起该种矿物质的缺乏,如地方性甲状腺肿等。

(2)食物中含有抑制矿物质吸收的因素 如食物中的磷酸盐、草酸盐和植酸盐等可与铁结合,降低其溶解度,从而降低铁的吸收。

(3)食物加工对矿物质的影响。如粮谷表层富含的矿物质常因碾磨过于精细而损失,蔬菜浸泡于水中可损失水溶性矿物质。

(4)摄入量不足或摄入食物品种单调可使矿物质缺乏。如缺少肉、禽、鱼类的摄入会引起锌和铁的缺乏,乳制品摄入量不足可引起钙的缺乏。

二、钙

钙是人体含量最多的矿物质,成人体内含钙总量约为1200g,其中99%集中在骨骼和牙齿中,主要以羟磷灰石[$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$]的形式存在,其余1%常以离子钙、蛋白质结合钙或柠檬酸螯合钙的状态存在于软组织、细胞外液和血液中,这部分钙统称为混溶钙池。混溶钙池与骨骼钙保持着相对的动态平衡,即骨骼中的钙不断地从破骨细胞中释放进入混溶钙池,混溶钙池的钙又不断沉积于成骨细胞中,由此使骨骼不断更新。幼儿的骨骼每1~2年更新一次,以后其更新速度随年龄的增长而减慢,成年人10~12年更新一次,40~50岁以后骨组织中钙量逐渐减少,约每年下降0.7%。妇女停经后因雌激素水平下降,骨组织中钙量明显降低,易引起更年期骨质疏松症。

(一)吸收与代谢

1.吸收

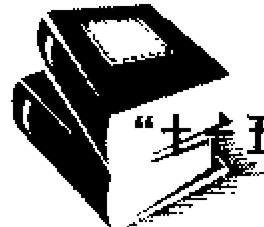
钙主要在小肠上段被吸收,以需要能量的主动转运吸收为主。当钙摄入量多时也可通过被动扩散而吸收。膳食钙在肠道中的吸收很不完全,通常仅20%~30%的钙由肠道吸收进入血液。机体可根据需要调节钙的主动吸收,当膳食钙不足或机体对钙的需要量增加时,肠道对钙的吸收最为活跃,吸收率可达40%以上。钙的吸收与年龄有关,如婴儿的钙吸收率大于50%,儿童约为40%,成年人为20%,老年人仅为15%左右。

某些因素影响肠内钙的吸收。植物性食品中含有较多的草酸、植酸和磷酸,能与钙形成难溶的盐类,阻碍钙的吸收。膳食纤维中的糖醛酸残基与钙结合或脂肪酸与钙结合形成不溶性的皂化物均会降低钙的吸收率。

维生素D可促进小肠对钙的吸收;乳糖可与钙形成可溶性络合物有利于钙的吸收;蛋白质水解产物,如赖氨酸、色氨酸、精氨酸等可与钙形成可溶性钙盐而促进钙的吸收。

2.排泄

机体通过粪、尿、汗三条途径排出钙。粪钙大部分是膳食中未被吸收的钙,其次是内源性粪钙,它通过肠黏膜上皮细胞的脱落及消化液的分泌排入肠道。正常膳食时,钙在尿中的排出量较为恒定,约为摄入量的20%左右。钙也可从汗中排出,高温作业者汗中排出钙可占总排出钙的30%。乳母通过乳汁每日约排出钙150~300mg。



钙的储留量与膳食钙摄入量呈正相关。正常情况下机体根据需要,通过内分泌系统的甲状旁腺激素和降钙素两种多肽激素以及 1,25-$(OH)_2$-D_3 的相互作用调节体内钙的吸收、排泄与储留,以维持内环境钙的稳定。当钙摄入严重不足或机体钙发生异常丢失时,可通过调节机制使骨骼脱钙以保持人体血钙的相对稳定。

(二)生理功能与缺乏症

1.生理功能

钙是构成骨骼和牙齿的重要成分。人体对钙的需要量随骨骼的生长速度而异,13~14 岁时需要量最大。钙离子对腺苷酸环化酶、鸟苷酸环化酶、磷酸二酯酶、酪氨酸羟化酶等多种酶具有调节作用。钙离子具有调节细胞受体结合、离子通道通透性及神经递质释放的作用,从而维持神经肌肉的正常生理功能,包括神经肌肉的兴奋性、神经冲动的传导和心脏的搏动等。钙参与血液凝固过程,并与某些激素的分泌有关。钙还具有维持体液酸碱平衡以及调节细胞正常生理功能等作用。

2.缺乏症

钙缺乏主要影响骨骼的发育和结构,表现为婴幼儿的佝偻病和成年人的骨质软化症及骨质疏松症。儿童缺钙的临床表现是骨骼的软骨连接处及骨骺部位增大,常可观察到肋骨串珠和鸡胸,长骨骨骺增大。由于骨质软化,婴儿的颅骨因经常枕睡而变形,腿部因受全身重量的压力而成为"O"型或"X"型腿等。骨质疏松症是指成年人骨量过少且骨密度小,骨中的钙与骨胶原、骨黏蛋白都少,而钙与蛋白质比例正常。临床表现是呈进行性、持久性腰背痛,脊柱骨质减少渐成驼背,且腰背疼痛逐步加重,骨质软化症与儿童佝偻病相同,是由于缺乏维生素 D 而引起的骨质钙不足。临床症状是可有全身性与不固定的疼痛,行走困难,骨骼畸形,尤其妇女可有骨盆畸形。

(三)供给量与食物来源

针对我国膳食以植物性食品为主以及居民钙摄入量不足的状况,中国营养学会提出我国居民膳食钙适宜摄入量(AI):成年男女为 800~1000mg/d,老人、孕妇、乳母为 1000~1200 mg/d。钙的可耐受最高摄入量(UL)为 2000mg/d。

乳和乳制品含钙丰富且吸收率高,是钙的良好来源。小虾、海带、芝麻酱等食物含钙丰富。绿色蔬菜、豆类和油料种子含钙也较多,至于谷类、肉类、水果等食物含钙则较少。部分食物的钙的质量分数见表 4—1。一些植物性食品含草酸、植酸较多,应通过烫漂、碾磨等加工方式消除其影响。

表 4—1　部分食物钙的质量分数　　mg/100g

食物名称	钙的质量分数	食物名称	钙的质量分数	食物名称	钙的质量分数
虾皮	991	苜蓿	713	黑芝麻	780
虾米	555	荠菜	294	芝麻酱	1170
河虾	325	雪里蕻	230	紫菜	264
牛乳粉	676	苋菜	178	黑木耳	247
酸奶	118	油菜	108	黄豆	191

三、磷

成人体内磷含量约为650g，占体重的1%左右。体内的磷约有85%以羟基磷灰石形式存在于骨骼和牙齿中，其中钙和磷的比值约为2:1。其余的磷与蛋白质、脂肪、糖及其他有机物结合，分布在细胞膜、骨骼肌、皮肤、神经组织及体液中。

（一）吸收与代谢

1. 吸收

磷的吸收与排泄途径大致与钙相同。通常磷的吸收率比钙高，学龄儿童或成人的吸收率为50%～70%。婴儿对牛乳中磷的吸收可高达65%～75%，母乳中磷的吸收率更高，可达85%～90%。

从膳食摄入的磷70%在小肠吸收。食物中的磷大多以有机化合物的形式存在，如磷蛋白、磷脂等。摄入后在肠道磷酸酶的作用下游离出磷酸盐，然后以无机磷酸盐的形式被吸收。维生素D可促进磷的吸收；合理的钙磷比例有利于磷的吸收；钙、镁、铁、铝等金属离子及植酸可与磷酸形成难溶性盐类而影响磷的吸收。谷类种子中主要是植酸形式的磷，利用率很低，若经酵母发酵或预先将谷粒浸泡于热水中，则可大大降低植酸盐含量，从而提高磷的利用率。

2. 排泄

血浆中的无机磷酸盐主要经肾小球过滤从肾脏排出。当血中磷浓度降低时，肾小管对磷的重吸收增加；当磷的浓度升高时，肾小管排出的磷较多。机体主要通过甲状旁腺素抑制肾小管对磷的吸收和排泄，调节血中磷浓度以维持体内磷的平衡。

（二）生理功能与缺乏症

1. 生理功能

磷是构成骨骼和牙齿的重要成分，例如在骨的形成过程中2g钙需要1g磷。磷在机体的能量代谢中具有重要作用，如葡萄糖-6-磷酸酯和丙糖磷酸酯是葡萄糖代谢的重要中间产物，三磷酸腺苷是代谢过程中储存、转移和释放能量的物质。磷参与酶的组成，是体内很多酶的辅酶或辅基的组成成分，如硫胺素焦磷酸酯、辅酶Ⅰ和辅酶Ⅱ等。磷酸盐可与氢离子结合为磷酸氢二钠和磷酸二氢钠，并从尿中排出，从而调节机体的酸碱平衡。磷还是RNA和DNA的组成成分。磷脂是所有细胞膜的成分，并参与脂肪和脂肪酸的分解代谢。

2. 缺乏症

几乎所有的食物均含有磷，合理的膳食中磷含量往往超过人体的需要，所以磷缺乏较少见。临床所见磷缺乏的病人多为长期使用大量抗酸药或禁食者。

（三）供给量与食物来源

动物性食物和植物性食物中均含丰富的磷，当膳食中能量与蛋白质供给充足时不会引起磷的缺乏。我国居民膳食磷的适宜摄入量(AI)：11～18岁为1000mg/d，18岁以上成人、孕妇、乳母均为700mg/d。磷的可耐受最高摄入量(UL)：11岁以上青少年、成人和乳母为3500 mg/d，孕妇3000mg/d。

磷普遍存在于各种食品中。瘦肉、鱼、禽、蛋、乳、豆类等均是磷的良好来源。谷类种子中

的磷主要以植酸形式存在,其与钙结合而难以利用。

四、钾与钠

人体内的元素,除钙和磷的含量最高外,钾居第三位。正常成人体内钾含量为2g/kg体重,仅2%以离子形式存在于细胞外液中,98%以离子和结合形式存在于细胞内,是细胞内液的主要阳离子。

人体钠含量约占体重的0.2%,是细胞外液的主要阳离子。体内所含钠的50%存在于细胞液中,40%存在于骨骼中,仅有10%存在于细胞内。血浆的钠浓度远比钾的浓度高,但肌肉组织的钾浓度远比钠浓度高。

(一)吸收与代谢

1.吸收

膳食钾的吸收率约为90%,吸收作用多在小肠内进行。消化液中虽含有大量的钾,但多被重吸收。所有的钠都容易被肠道吸收,然后由血液带到肾脏,钠在肾内一部分被滤出并回到血液中,以维持身体所需的钠含量水平。

2.排泄

钾主要从尿液中排出。肾脏是调节钾平衡的主要器官,即通过排出钾的多少以维持体内钾含量的稳定。当摄入的钾较少时,则肾小球滤出的钾全部被重吸收,因而尿中排钾较少。

钠排出的主要途径也是通过肾脏的排尿。肾脏排出钠受到严格的调控,以维持细胞外液中的最适合钠量。当细胞外液渗透压高时,肾小管增加对水的重吸收,致使细胞外液容积增大,钠的排出增多,同时多排出水,使细胞外液的容积和渗透压都恢复正常。反之,钠的排出减少甚至不排,以维持水、钠平衡。在炎热气候下,汗液也是排出钠的重要途径。

(二)生理功能与缺乏症

1.生理功能

钾与钠在维持细胞内外液正常渗透压和体液酸碱平衡中起着重要的作用。一定浓度的钙、镁、钾、钠离子对维持神经和肌肉的正常应激性必不可少。另外,蛋白质和碳水化合物的正常代谢依赖于钾与钠的正常浓度,适宜的血浆钾浓度可以保持心肌收缩运动的协调。

2.缺乏症

钾与钠的缺乏很少由膳食而引起,多是由于腹泻、呕吐、大汗、连续服用利尿药等所致。钾缺乏时可出现心律紊乱、肌肉无力、麻痹等症状。钠缺乏表现为生长缓慢、食欲减退、心率加速、肌肉痉挛等。

(三)供给量与食物来源

中国居民膳食钾适宜摄入量(AI)为:4~11岁为1500 mg/d,14岁以上青少年及成人为2000 mg/d,孕妇,乳母为2500mg/d。中国居民膳食钠适宜摄入量(AI)成人及孕妇、乳母为2200 mg/d。

钾广泛分布于食物中,水果、蔬菜、瘦肉、禽类、鱼类是钾的良好来源。除烹调加工用食盐调味外,钠以不同量存在于所有食物中。一般而言,肉、鱼、禽等含蛋白质丰富的食物中钠量比

蔬菜和谷物中多,水果中很少或不含钠。

五、镁

成人体内含镁20~30g,约占人体质量的0.05%,其中60%~65%以磷酸盐和碳酸盐的形式存在于骨骼和牙齿中,约27%存在于软组织中,另有6%~7%存在于其他细胞。镁主要存在于细胞内,细胞外液中的镁不超过1%。

(一)吸收与代谢

1. 吸收

食物中的镁主要在小肠吸收,吸收率一般为30%~50%。人体对镁的吸收受到多种因素的影响。例如食物中镁含量少时吸收率增加,而镁含量多时则吸收率下降;此外,氨基酸、乳糖、维生素D等可促进镁的吸收,而膳食中过多的磷、草酸、植酸、长链饱和脂肪酸和膳食纤维等可抑制镁的吸收。

2. 排泄

镁被机体吸收、代谢后可从胆汁、胰液、肠液分泌到肠道,约60%的镁从肠道排出。有些从汗液和脱落的皮肤细胞丢失,其余随尿排出。人体每天排出镁50~120mg,占摄入量的1/3~1/2。肾脏是维持体内镁稳定的重要器官。当体内镁摄入过多、血镁过高时,肾滤过的镁增加,肾小管重吸收差,尿镁增加。反之则少。

(二)生理功能与缺乏症

1. 生理功能

镁是骨骼的组成成分,并能维持骨骼的正常生长。镁是体内多种酶的激活剂,可参与300多种酶促反应,特别对氧化磷酸化相关酶的生物活性非常重要,对葡萄糖酵解、脂肪酸代谢以及蛋白质和核酸的生物合成起重要的调节作用。此外,镁与钙、钾、钠共同维持神经肌肉的兴奋性。镁离子还是维持心肌正常功能和结构所必需的。

2. 缺乏症

镁缺乏见于酒精中毒、严重的肾脏疾病、急性腹泻等病人。这些疾病状态引起镁的摄入量减少。镁缺乏的特征是肌肉痉挛、心率过快、精神错乱、惊厥、缺乏食欲、恶心呕吐等。

(三)供给量与食物来源

中国居民膳食镁适宜摄入量(AI)为:1岁以内婴儿30~70mg/d,11岁以上青少年及成人350mg/d,孕妇、乳母为450mg/d。其可耐受最高摄入量(UL),对11岁以上青少年及成人为700mg/d。

镁广泛存在于各种食物中,但食物中镁含量差异甚大。其中小麦、燕麦、大麦、豆类、花生、坚果和酵母中含镁丰富,是镁的良好来源。乳、肉、蛋等则含量较低,至于精制的糖、酒、油脂等则不含镁。

六、铁

铁是人体必需的微量元素,也是体内含量最多的微量元素。铁在人体的分布以肝、脾含量



最高,其次为肾、心、骨骼肌和脑。正常人体内的铁含量因年龄、性别、营养状况和健康状况而异,一般含铁量为3~5g。其中约70%的铁以有特定生理功能的形式存在于血红蛋白、肌红蛋白、血红素酶类(如细胞色素氧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶等)、辅助因子及运载铁中,称之为功能性铁;其余约30%的铁作为体内贮存铁,主要以铁蛋白和含铁血黄素形式存在于肝、脾和骨髓中。各种形式的铁都与蛋白质结合在一起,没有游离的铁离子存在,这是生物体内铁存在的特点。

(一)吸收与代谢

1. 吸收

食物中的铁分为血红素铁和非血红素铁两种形式,二者的吸收机制和吸收率不同。血红素铁主要存在于肉类、禽类、鱼类等动物性食品中,铁与血红蛋白和肌红蛋白中的原卟啉结合,直接被肠黏膜上皮细胞吸收,不受其他膳食成分(如植酸盐、草酸盐等)的影响。因此,血红素铁的吸收率较高,如肉中铁的吸收率约为30%,鱼中铁的吸收率约为15%。

非血红素铁主要存在于植物性食品和乳制品中。这种形式的铁必须在胃酸作用下与有机部分分离,并转化为亚铁离子后才能被吸收。非血红素铁的吸收因受膳食因素的影响,吸收率只有3%~5%。植物性食品中含有的植酸盐、草酸盐、碳酸盐、磷酸盐等影响铁吸收。体内缺乏胃酸或服用抗酸药也可阻碍铁吸收。维生素C、有机酸、动物性食物等可促进铁的吸收。铁的吸收还与体内铁的需要量和贮存量有关,一般贮存量多时其吸收率低,反之,贮存量低或需要量增加时则吸收率增高。由于生长发育、月经、妊娠等原因,机体对铁的需要量增加可促进铁的吸收。

铁吸收的主要部位在小肠上段。肠黏膜上的运铁蛋白受体起着调节铁吸收的作用。运铁蛋白在肠内与铁结合,再与肠黏膜细胞上的运铁蛋白受体结合,可将膳食铁吸收转运到细胞内。当人体内的铁充足时,血清铁可经运铁蛋白和受体结合进入肠黏膜细胞,从而抑制肠黏膜细胞对铁的吸收。当人体内的铁缺乏时,无铁从血清中转运到肠黏膜细胞,则促进肠黏膜细胞对铁的吸收。

2. 排泄

机体对铁具有贮存和反复利用的代谢特点。人体每天实际利用的铁远远超出同一时期内由食物供给的铁,例如正常成人每日血红蛋白分解代谢需要20~25mg铁,其中由食物吸收来的仅有0.5~1.5mg。但是人体能保留代谢铁的90%以上,并能将其反复利用,包括细胞死亡后其内部的铁也同样被保留和利用。机体对铁的排泄能力有限,成人每天约排出铁0.90~1.05mg,其中90%从肠道排出,尿中排出量极少。另外,月经、出血等也是铁的排出途径。

(二)生理功能与缺乏症

1. 生理功能

铁是血红蛋白、肌红蛋白、细胞色素以及某些呼吸酶的组成成分,参与体内氧的运送和组织呼吸过程。血红蛋白由一个球蛋白与四个铁卟啉组成,其与氧进行可逆性的结合,在机体中参与氧的运送、交换和组织呼吸。肌红蛋白由一个血红素和一个球蛋白组成,肌红蛋白的基本功能是在肌肉组织中起转运和储存氧的作用,当肌肉收缩时释放氧以促进肌肉运动。细胞色素是含血红素的化合物,其在线粒体内具有电子传递作用,对细胞呼吸和能量代谢具有重要

意义。

铁与维持正常免疫功能有关，缺铁可引起淋巴细胞减少和自然杀伤细胞活性降低。另外，β-胡萝卜素转化为维生素A、合成嘌呤与胶原、脂类在血液中转运以及药物在肝脏中解毒等过程均需铁的参与。铁还与抗脂质过氧化有关，随着铁缺乏程度增高，脂质过氧化损伤加重。

2. 缺乏症

红细胞含铁量约占机体总铁量的2/3。铁在骨髓造血细胞中与卟啉结合形成高铁血红素，再与球蛋白合成血红蛋白。缺铁可影响血红蛋白的合成，甚至影响DNA的合成及幼红细胞的增殖。

膳食中铁长期供给不足，可引起体内铁缺乏或导致缺铁性贫血，多见于婴幼儿、孕妇和乳母。其主要原因是机体需要量增加而膳食铁摄入不足。另外，因月经过多、痔疮、消化道溃疡等疾病引起的出血，也是铁缺乏的重要原因。体内缺铁可分3个阶段：第一阶段为铁减少期，该阶段体内储存铁减少，血清铁浓度下降，无临床症状；第二阶段为红细胞生成缺铁期，即血清铁浓度下降，运铁蛋白浓度降低和游离原卟啉浓度升高，但血红蛋白浓度尚未降至贫血标准，处于亚临床症状阶段；第三阶段为缺铁性贫血期，此时血红蛋白和红细胞下降，并伴有缺铁性贫血的临床症状，如头晕、气短、心悸、乏力、注意力不集中、脸色苍白等症状。

（三）供给量与食物来源

人体一生中有3个时期最易缺铁：出生后前4年；青少年，特别是女孩；育龄期妇女。对于铁的摄入量则应按不同的膳食类型而有所不同。通常发展中国家多以植物性食品为食，铁的生物利用率较低，其膳食铁的摄入量应相对较高。而发达国家膳食中含有较丰富的肉、鱼等动物性食品，其膳食铁的摄入量则可相对较低。中国营养学会提出的中国居民膳食铁适宜摄入量（AI）见附录1。成人铁的可耐受最高摄入量（UL）为50mg/d。

通常植物性食品中的铁较难吸收利用。动物性食物含有丰富的铁，如猪肝含铁量为22.6mg/100g，瘦肉、动物全血、禽类、鱼类、大豆、黑木耳、芝麻酱等也均是铁的良好来源。蔬菜和乳制品中含铁量不高，且生物利用率低。含铁较丰富的食物见表4—2。

表4—2 含铁较丰富的食物 mg/100g

食物名称	铁的质量分数	食物名称	铁的质量分数	食物名称	铁的质量分数
鸭血	30.5	蛏子	33.6	藕粉	17.9
鸡血	25.0	蛤蜊	22.0	黑芝麻	22.7
鸭肝	23.1	发菜	99.3	鸡蛋黄粉	10.6
猪肝	22.6	红蘑	235.1	黑木耳	97.4
蚌肉	50.0	冬菇	10.5	紫菜	54.9

七、锌

成人体内含锌量为1.5～2.5g，是含量仅次于铁的微量元素。锌分布于人体所有的组织器官中，肝、肾、肌肉、视网膜和前列腺内的含量较高。血液中的锌有75%～85%分布在红细胞

中,3% ~5%在白细胞中,其余在血浆中。

(一)吸收与代谢

1.吸收

锌由小肠吸收,吸收率为20% ~30%。对锌的吸收与机体锌的浓度有关,体内缺锌时吸收率增高。植物性食物中含有的植酸、鞣酸和纤维素等均妨碍锌的吸收。当食品中有大量钙存在时,因形成不溶解的锌钙植酸盐复合物而干扰锌的吸收。维生素D_3、葡萄糖、乳糖、半乳糖、柠檬酸以及肉类等可促进锌的吸收。

2. 排泄

锌代谢的稳态控制主要通过肠道排泄内源性锌来保持。体内的锌主要由肠道排出,少部分随尿排出,汗液和毛发中也有少量排出。

(二)生理功能与缺乏症

1.生理功能

锌对生长发育、智力发育、免疫功能、物质代谢和生殖功能等均具有重要的作用。首先,锌是体内200多种酶的组成成分或激活剂,如超氧化物歧化酶、苹果酸脱氢酶、碱性磷酸酶、乳酸脱氢酶等,这些酶在组织呼吸、能量代谢及抗氧化过程中发挥着重要的作用。锌也是保持RNA多聚酶、DNA多聚酶及逆转录酶活性所必需的微量元素。锌还参与蛋白质合成及细胞生长、分裂和分化等过程。缺锌可引起RNA、DNA及蛋白质的合成障碍,导致生长停止。

锌参与促黄体激素、促性腺激素、促卵泡激素的代谢,对胎儿生长发育、性器官和性功能的发育均具有重要的调节作用。锌可促进淋巴细胞有丝分裂,增加T细胞的数量和活力。缺锌可引起胸腺萎缩、胸腺激素减少、T细胞功能受损及细胞介导的免疫功能改变。

锌可提高细胞膜抵抗氧自由基的能力,增强细胞膜稳定性。锌与唾液蛋白结合成味觉素,可增进食欲。锌对皮肤和视力具有保护作用

2.缺乏症

引起锌缺乏的的原因很多,大致有摄入量不足、需要量增加和排出量过多三个方面。植物性食品含锌较少,并且植酸、膳食纤维等可与锌结合而干扰吸收,故动物性食品摄入偏少可导致缺锌;孕妇、乳母和婴幼儿对锌的需要量增加易缺锌;腹泻、急性感染、肾病、糖尿病、创伤等增加锌的排出也会引起锌缺乏。儿童长期缺锌可引起食欲减退或异食癖、生长发育停滞、免疫功能降低等。成人长期缺锌可导致性功能减退、精子数减少、胎儿畸形、皮肤粗糙等。

(三)供给量与食物来源

中国营养学会推荐锌的摄入量(RNI)见附录1。锌的可耐受最高摄入量(UL),成年男性为45mg/d,女性为37mg/d。

锌普遍存在于动植物食品中,但它们的含量差别很大,吸收利用率也不相同。动物性食品是锌的良好来源,如猪肉、牛肉、羊肉等含锌20 ~60 mg/kg,鱼类和其他海产品含锌在15mg/kg以上,且吸收利用率高。通常,动物蛋白供给充足时,也能提供足够的锌。豆类和谷类中锌的吸收率低,经过豆类发芽、面粉发酵等加工有利于锌的吸收。蔬菜及水果类锌含量较低。含锌较高的食物见表4—3。

表 4—3 含锌较高的食物 mg/100g

食物名称	锌的质量分数	食物名称	锌的质量分数	食物名称	锌的质量分数
小麦胚粉	23.4	鸡蛋黄粉	6.66	红螺	10.27
黑芝麻	6.13	羊肉	6.06	牡蛎	9.39
葵花子	6.03	猪肝	5.78	蚌肉	8.50
松子	9.02	海蛎肉	47.05	干鱿鱼	11.24

八、硒

成人体内硒总量约 14 ~ 21mg，分布于所有细胞与组织器官中。硒浓度在肝、肾、胰、心、脾、牙釉质和指甲中较高，肌肉、骨骼和血液中浓度次之，脂肪组织中最低。体内硒以两种形式存在，一种是来自膳食的硒蛋氨酸，是体内硒的贮存形式，当膳食硒供给中断时，硒蛋氨酸可向机体提供硒；另一种是具有生物活性的硒蛋白，如谷胱甘肽过氧化物酶、碘甲腺原氨酸脱碘酶等，其中含有硒半胱氨酸。

（一）吸收与代谢

1. 吸收

硒主要在小肠吸收，人体对食物中硒的吸收似乎不受机体硒营养状态的影响，吸收率达 50% ~100%。硒的吸收与硒的化学结构和溶解度有关，硒蛋氨酸较无机形式硒易吸收，溶解度大的硒化合物比溶解度小的更易吸收。

2. 排泄

体内的硒经代谢后大部分经尿排出，少量从肠道排出。当摄入量高时尿硒排出量增加，反之减少。粪中排出的硒大多为未被吸收的硒。硒摄入量高时可在肝内甲基化生成挥发性二甲基硒化合物，并由肺部呼气排出。此外，少量硒也可从汗液、毛发排出。

（二）生理功能与缺乏症

1. 生理功能

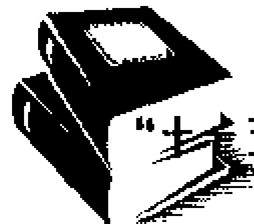
硒是谷胱甘肽过氧化物酶的组成分，该酶具有抗氧化功能，可将有毒的过氧化物，如过氧化氢、超氧阴离子等还原为无毒化合物，保护细胞膜及组织免受氧化损伤，维持细胞的正常功能。

硒还可以保护心血管和心肌的健康。机体缺硒可引起以心肌损害为特征的克山病。硒的缺乏还可引起脂质过氧化反应增强，导致心肌纤维坏死、心肌小动脉和毛细血管损伤。

硒能与体内重金属，如汞、镉、铅等结合成金属—硒—蛋白质复合物而起解毒作用，并促进重金属排出体外。硒也可调节甲状腺激素代谢，如碘甲腺原氨酸脱碘酶含硒，它可在甲状腺激素分子上催化脱碘，从而通过调节甲状腺激素来影响全身代谢。此外，硒还具有促进生长、保护视觉及抗肿瘤的作用。

2. 缺乏症

克山病是以多发性灶状坏死为主要特征的地方性心肌病，临床特征为心肌凝固性坏死，伴



有明显心脏扩大,心功能不全和心率失常,重者发生心源性休克或心力衰竭,死亡率高达85%。其发病与缺硒有关,用亚硒酸钠进行干预能取得较好的预防效果。

另外,缺硒也被认为是发生大骨节病的重要原因,该病是发生在青少年期的一种地方性骨关节疾病。病区少年儿童服用亚硒酸钠,是现阶段防治大骨节病的有效措施之一。

(三)供给量与食物来源

中国营养学会提出了中国居民膳食硒参考摄入量(DRIs),成人硒的平均需要量(EAR)为41μg/d,推荐摄入量(RNI)为50μg/d。成人硒的可耐受最高摄入量(UL)为400μg/d。

含硒量较高的食物见表4—4。海产品和动物内脏是硒的良好来源,如鱼子酱、海参、牡蛎、蛤蛎和猪肾等。食物中的含硒量随地域不同而异,特别是植物性食物的硒含量与土壤中硒元素的水平有关。乳品、水果和蔬菜中硒含量较低。

表4—4 含硒量较高的食物 μg/100g

食物名称	硒的质量分数	食物名称	硒的质量分数	食物名称	硒的质量分数
虾皮	74.43	蛤蛎	77.10	羊肉	32.2
虾米	75.4	黄鳝	34.56	鸭肝	57.27
牡蛎	86.64	鳕鱼	24.8	猪肾	111.77
海参	150.0	青鱼	37.69	小麦胚粉	65.20
鱼子酱	203.9	丁鱿鱼	156.12	鹌鹑蛋	25.48

九、碘

成人体内含碘20~50mg。碘分布于各组织,如甲状腺、肾脏、唾液腺、乳腺、卵巢等,其中只有甲状腺能利用碘合成甲状腺素。甲状腺含碘量随年龄、摄入量及腺体的活动性不同而有差异,健康成人甲状腺含碘8~12mg。血液中含碘30~60μg/L,主要为蛋白质结合碘。

(一)吸收与代谢

1.吸收

食物中的无机碘在胃和小肠中几乎完全被吸收;食物中的有机碘在胃肠道转变为碘化物后,以无机碘的形式被迅速吸收。在促甲状腺激素调节下,碘由血液进入甲状腺的滤泡细胞内,由于碘过氧化物酶的作用,碘离子迅速氧化成碘分子,在甲状腺球蛋白内与酪氨酸结合,生成一碘酪氨酸和二碘酪氨酸,进而经配对反应生成具有活性的甲状腺素,即三碘甲状腺原氨酸和四碘甲状腺原氨酸。甲状腺是贮存碘化物的惟一组织,大多数以一碘酪氨酸、二碘酪氨酸以及少量甲状腺素的形式存在。胃肠道内的钙、氟、镁可阻碍碘的吸收。人体蛋白质、能量摄入不足时亦可妨碍碘的吸收。

2.排泄

碘主要通过肾脏被排出,尿碘约占总排出量的90%。粪中约排出10%,主要是未被吸收

的有机碘。此外，肺及皮肤亦可排出少量碘。

（二）生理功能与缺乏症

1. 生理功能

碘主要参与甲状腺激素的合成，而甲状腺激素可以调节能量和物质代谢，并进一步影响脑和神经系统的发育。甲状腺激素具有以下生理功能：促进生物氧化，参与磷酸化过程，调节人体能量代谢；促进糖和脂肪代谢，促进肝糖原分解和组织对糖的利用，促进脂肪分解，调节血清中胆固醇和磷脂的浓度；促进蛋白质合成和神经系统发育，对胚胎发育期和出生后早期生长发育，特别是智力发育尤为重要；另外，甲状腺激素还可以激活体内100多种酶，调节组织中的水盐代谢，促进维生素的吸收和利用等。

2. 缺乏症

机体长期碘摄入不足可产生一系列障碍，称为碘缺乏病，其表现主要取决于缺碘程度及所处生长发育阶段。成人缺碘易产生甲状腺肿；孕妇缺碘可造成流产、死胎及胎儿先天畸形；婴幼儿缺碘可引起生长发育迟缓、智力低下，体格矮小，严重者发生呆小症。

（三）供给量与食物来源

中国营养学会提出的中国居民膳食碘推荐摄入量（RNI），青少年和成人为150μg/d，孕妇和乳母为200μg/d。碘的可耐受最高摄入量（UL），儿童和青少年为800μg/d，成人（包括孕妇和乳母）为1000μg/d。

海产品含碘较丰富，如海带、紫菜、蛤干、蚶干、干贝、淡菜、海参、牡蛎等是碘的良好食物来源。其他食品的碘含量主要取决于其生长地区的地质化学状况。通常内陆山区的水、土和空气中含碘少，该地区生长的动植物中碘含量也不高，因而易成为地方性甲状腺肿高发区。含碘量最高的食物是海带，干海带中碘的质量分数可达240mg/kg以上，其次为海贝类。

十、氟

成人体内含氟量约为2.6g，主要存在于骨骼和牙齿中，少量分布在毛发、指甲及其他组织。人体氟含量与地球环境和膳食中氟的水平有关，高氟地区人群体内的氟含量较高。

（一）吸收与代谢

1. 吸收

从膳食摄入的氟约有75%～90%由胃肠道迅速吸收进入血液，饮水中的氟可完全吸收。氟被吸收后以离子形式分布到全身。氟离子与骨盐羟基磷灰石晶体表面上的OH^-或CO_3^{2-}交换，形成氟磷灰石沉积在骨骼和牙齿等钙化组织。食物中大量的钙、铝等可抑制氟的吸收。而脂肪可促进氟的吸收。

2. 排泄

肾脏是氟排泄的主要途径，摄入的氟约有50%～80%从尿中排出，13%～19%由粪便排出，其余少量由汗液排出。由于尿氟的排泄量与氟的摄入量呈显著性正相关，故尿氟是地方性氟中毒的特异性指标。



(二)生理功能与缺乏症

1. 生理功能

氟对维持骨骼和牙齿结构的稳定性具有重要作用。氟可与羟磷灰石晶体表面的离子进行交换,形成一种溶解度更低、晶体颗粒较大以及更为稳定的氟磷灰石,使骨质坚硬。适量的氟有利于钙和磷的利用,促进骨骼生长,增强骨质坚硬度。

氟具有防治龋齿的作用。这主要是氟可取代牙釉质中羟磷灰石的羟基,形成一层坚硬且具有抗酸性腐蚀的氟磷灰石保护层。

2. 缺乏症

氟对健康的作用取决于剂量,人体摄入量过多,可引起氟中毒。生活在高氟地区的人群长期摄食含氟量过高的食物和饮水可致慢性中毒,引起氟斑牙或氟骨病。缺乏氟可影响骨的形成、引起牙齿发育不全,或增加龋齿的发生率。

(三)供给量与食物来源

中国营养学会提出中国居民膳食氟适宜摄入量(AI)见附录1。可耐受最高摄入量(UL)为3.0mg/d。

氟的食物来源广泛。由于生物富集作用,通常动物性食品的氟含量高于植物性食品,而海洋动物的氟含量又高于淡水及陆地的动植物食品。除茶叶、海鱼、海带、紫菜等少数食物中氟含量较高外,一般食物中含氟量较低。

十一、铜

成人体内含铜总量约为100~120mg,存在于各种器官和组织中,其中有50%~70%存在于肌肉和骨骼中,20%在肝脏中,5%~10%在血液中。以肝、肾、心、脑和头发中最高,脾、肺、肌肉和骨骼次之,腺体如脑垂体、甲状腺和胸腺含量最低。

(一)吸收与代谢

1. 吸收

铜吸收的主要部位是小肠,吸收率约为40%。经肠黏膜吸收进入血液的铜与白蛋白或氨基酸结合成铜复合物,并随血液经门静脉运至肝脏。铜吸收率受膳食中铜含量影响显著。膳食铜含量增加,其吸收率下降,但总吸收量仍有所增加。膳食中大量的铁、锌、维生素C、植酸盐和纤维素等均可干扰铜的吸收利用。

2. 排泄

铜很少在体内储存,控制内环境铜的稳定主要是通过铜的排泄来调节的。人体内约80%的铜经胆汁进入胃肠道,再与经唾液、胃液、肠液进入胃肠道的铜共同由粪便排出。通常,从尿、皮肤、头发和指甲排出的量较少。

(二)生理功能与缺乏症

1. 生理功能

铜在体内主要以酶的形式发挥生理功能。铜蓝蛋白对生成运铁蛋白、促进铁的吸收和转

运具有重要作用，铜蓝蛋白还能促进血红素和血红蛋白的合成，维持正常的造血功能。神经髓鞘的形成和神经递质儿茶酚胺的生物合成均需含铜的细胞色素氧化酶、多巴胺－β－羟化酶及酪氨酸酶的参与，因此铜可以维护中枢神经系统的健康。含铜的赖氨酰氧化酶能促进骨骼、皮肤和血管中胶原蛋白和弹性蛋白的交联，从而促进结缔组织的形成。铜是超氧化物歧化酶的重要成分，该酶催化超氧阴离子成为氧和过氧化氢，从而保护细胞免受超氧离子的损伤。另外，铜与激素分泌、机体免疫功能等也有关。

2. 缺乏症

正常膳食可满足人体对铜的需要，一般不易缺乏。铜缺乏多见于早产儿、长期腹泻、铜代谢障碍等情况。机体缺铜时，血浆铜蓝蛋白、超氧化物歧化酶和细胞色素氧化酶等含铜酶的含量下降，可引起缺铁性贫血、神经变性、胆固醇升高、骨骼脆性增加、血管和皮肤弹性降低等症状。

（三）供给量与食物来源

WHO 建议铜的安全摄入量下限为 1.25mg/d，中国营养学会结合我国居民膳食中铜摄入量的调查研究，提出中国居民膳食中铜的适宜摄入量（AI），成人为 2.0mg/d。铜的可耐受最高摄入量（UL），成人为 8.0mg/d。

铜广泛存在于各种食物中，其含量随所生长的土壤地质化学情况而有所差异。通常，牡蛎、贝类食物以及坚果类含量高，是铜的良好来源。动物肝、肾、谷类胚芽和豆类等含铜也较丰富。乳类和蔬菜等含铜最少。

十二、铬

成人体内铬含量约为 5～10mg，机体只能利用三价铬。铬在体内分布很广，骨骼、大脑、肌肉、皮肤和肾上腺中的铬含量较高。一般组织中铬含量随年龄增长而下降。

（一）吸收与代谢

1. 吸收

食物中的铬大多为无机三价铬，机体的吸收率很低，一般小于 3%。铬可与有机物结合成为具有生物活性的复合物，从而提高铬的吸收率，如啤酒酵母中以葡萄糖耐量因子形式存在的铬，其吸收率达 10%～25%。膳食中的草酸盐、植酸盐、锌、铁等干扰铬的吸收，而抗坏血酸能促进铬的吸收。铬在小肠被吸收，进入血液后由运铁蛋白与白蛋白转运至全身。

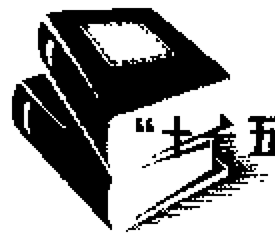
2. 排泄

体内 95% 以上的铬从尿液中排出，少量从胆汁、毛发和皮肤排出。

（二）生理功能与缺乏症

1. 生理功能

铬是体内葡萄糖耐量因子的重要组成成分，能增强胰岛素的作用，促进葡萄糖的利用及使葡萄糖转化为脂肪。铬还具有提高高密度脂蛋白和载脂蛋白 A 浓度的作用，稳定血清胆固醇的内环境。此外，铬还可能促进蛋白质代谢、增强 RNA 和 DNA 的合成。



2. 缺乏症

铬缺乏多见于老年人、糖尿病患者、蛋白质—能量营养不良的婴儿及完全肠外营养的病人。患者可出现生长停滞、血脂增高、葡萄糖耐量异常,并伴有高血糖及尿糖等症状。

(三)供给量与食物来源

中国营养学会提出的中国居民膳食铬适宜摄入量(AI)见附录1。

铬广泛分布于动植物食品中。海产品如牡蛎、海参、鱿鱼、鳗鱼等含量高,肉类、谷物、豆类、坚果类、黑木耳、紫菜等含量也较丰富,薯类和蔬菜含量较低。啤酒酵母和动物肝脏中的铬以具有生物活性的葡萄糖耐量因子形式存在,因此其吸收利用率较高。

十三、锰

锰是人体必需的微量元素,体内锰的总量约为200~400μmol,其大致均匀地分布在身体的各个部分。由于骨骼组织量大,其锰含量占体内锰总量的25%。

(一)吸收与代谢

1. 吸收

锰主要在小肠被吸收,吸收率只有2%~15%。当机体中的锰含量高时吸收率降低,缺乏时吸收率升高。机体通过吸收率的高低对体内锰的稳态起调节作用。膳食中植酸盐、钙、磷浓度增高可干扰锰的吸收。

2. 排泄

体内的锰90%以上由肠道排出,少量从尿中排出,极少量从汗、头发和指甲中排出。

(二)生理功能与缺乏症

1. 生理功能

锰主要作为酶的组成成分或激活剂。锰是精氨酸酶、丙酮酸羧化酶及锰—超氧化物歧化酶的组成成分,也是羧化酶、脱羧酶、激酶、转化酶等多种酶的激活剂。因此,锰不仅促进糖和脂肪的代谢,而且参与蛋白质、DNA和RNA的合成。此外,锰具有抗氧化功能,还与生殖和骨骼正常发育有关。

2. 缺乏症

锰缺乏可导致生长停滞、骨骼畸形、共济失调、胰岛素合成减少等症状。锰缺乏还可能引起生殖功能紊乱,精子减少,性欲减退。

(三)供给量与食物来源

中国营养学会制订每日锰的适宜摄入量(AI),成人为3.5mg/d。婴儿、儿童、青少年、孕妇和乳母因资料不足尚未制订相应AI值。锰的可耐受最高摄入量(UL)为10mg/d。

糙米、米糠、麦芽、麦麸、坚果、海参、鱿鱼、茶叶等食物锰含量丰富,豆类、莴苣、土豆、甘蓝也是锰的良好来源。精制谷类、脂肪、鱼、肉、奶类等中含量较低。

第二节 维 生 素

一、概述

维生素是维持人体正常生理功能所必须的一类有机化合物。维生素种类繁多,结构、性质和功能各异,但具有一些共同特点:不供给热能,也不参与构成机体组织,但在能量代谢和物质代谢过程中起重要作用;一般以本体形式或以能被机体利用的前体形式存在于天然食物中;由于大多数维生素在机体内不能合成,也不能大量储存于机体组织中,故虽然需要量很小,但必须由食物提供。

根据维生素的溶解性可将其分为两大类,即脂溶性维生素和水溶性维生素。脂溶性维生素是指不溶于水而溶于脂肪及有机溶剂的维生素,包括维生素 A,维生素 D、维生素 E,维生素 K。在食物中它们常与脂类共存,其吸收与肠道的脂类密切相关,易储存于体内而不易排出体外,摄取过多易在体内蓄积而导致毒性作用,若摄入过少可缓慢地出现缺乏症状。

水溶性维生素是指可溶于水的维生素,包括维生素 B_1,维生素 B_2,维生素 PP,维生素 B_6,叶酸,维生素 B_{12},泛酸,生物素等 B 族维生素和维生素 C。水溶性维生素在体内仅有少量储存,易从尿中排出,但维生素 B_{12}是个例外,它甚至比维生素 K 更易储存于体内。大多数水溶性维生素常以辅酶的形式参与机体的物质代谢。水溶性维生素在体内没有非功能性的单纯的储存形式,当机体饱和后摄入的维生素从尿中排出。反之,若组织中的维生素耗竭,则给予的维生素将大量被组织取用,故从尿中排出量减少,因此可利用负荷试验对水溶性维生素的营养水平进行鉴定。水溶性维生素一般无毒性,但大量摄入时也可能出现毒性,如摄入维生素 C、维生素 B_6 或烟酸达正常人体需要量的 15 ~ 100 倍时,可出现毒性作用;若摄入过少,可较快地出现缺乏症状。

食物中某种维生素长期缺乏或不足即可引起代谢紊乱和出现病理状态,形成维生素缺乏症。早期轻度缺乏,尚无明显临床症状时称维生素不足。维生素缺乏的常见原因有:各种原因使食物供应严重不足,如由于营养知识缺乏选择食物不当,也可由于食物运输、加工、烹调、储藏不当使维生素遭受破坏和丢失;吸收利用降低,如老人胃肠道功能降低,对包括维生素的吸收利用降低,肝、胆疾病患者由于胆汁分泌减少会影响脂溶性维生素的吸收;维生素需要量相对增高,由于维生素的需要量增多或丢失增加,使体内维生素需要量相对增高,如妊娠、哺乳期妇女、生长发育期儿童、特殊生活及工作环境的人群、疾病恢复期病人等,对维生素的需要量都相对增高;长期用营养素补充剂者对维生素的需要量增加,一旦摄入量减少,也很容易出现维生素缺乏的症状。

二、维生素 A

(一)理化性质

维生素 A 又称为视黄醇,是指含有视黄醇结构并具有其生物活性的一类物质。视黄醇是淡黄色的晶体,是由 β-紫罗酮环与不饱和一元醇组成(如图 4—1)。

动物体内具有视黄醇生物活性的包括视黄醇、视黄醛、视黄酸和视黄基酯复合物。视黄基

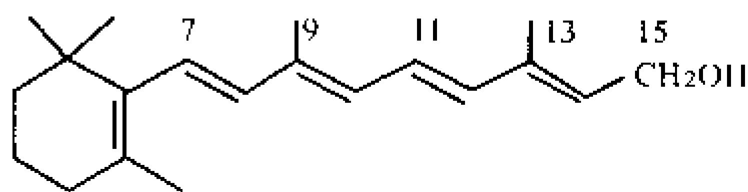


图 4—1 视黄醇的化学结构

酯复合物并不具有维生素 A 的生物活性,但它能在肠道中水解产生视黄醇。

植物体中不含已形成的维生素 A,但某些植物含有类胡萝卜素。被动物摄食后可在小肠和肝细胞内转变成维生素 A 的类胡萝卜素称为维生素 A 原。目前已发现的类胡萝卜素约 600 种,仅有约 1/10 是维生素 A 原,其中最重要的是 β - 胡萝卜素。而玉米黄素、辣椒红素、叶黄素和番茄红素等类胡萝卜素不能分解形成维生素 A,不具有维生素 A 的活性。

维生素 A 对空气、紫外线和氧化剂都很敏感,可发生异构、氧化和聚合作用,高温和金属离子的催化作用可加速其破坏,因而应避免与氧、高温或光接触。当食物中含有磷脂、维生素 E、维生素 C 和其他抗氧化剂时,维生素 A 和类胡萝卜素较为稳定。

人们从食物中摄取的大多是维生素 A 原。维生素 A 原在食品加工和贮存时可有许多破坏途径,如有氧时类胡萝卜素易受光、酶以及脂类氢过氧化物的共氧化刺激而产生广泛的损失,产生类似于脂肪酸氧化所得到的复杂化合物。一般说来类胡萝卜素的稳定性与特定食品中不饱和脂肪酸的稳定性一致。

(二)吸收与代谢

食物中的维生素 A 一般不以游离的形式存在,而是与脂肪酸结合成视黄基酯,视黄基酯和类胡萝卜素又常与蛋白质结合成复合物。视黄基酯和类胡萝卜素经胃、胰和小肠中蛋白酶的消化水解,从食物中释出,然后在小肠中胆汁、胰脂酶和肠脂酶的共同作用下释放出脂肪酸、游离的视黄醇以及类胡萝卜素。释放出的游离视黄醇和类胡萝卜素与其他脂溶性食物成分形成胶团,通过小肠绒毛的糖蛋白层进入肠黏膜细胞。在小肠黏膜细胞内,视黄醇与脂肪酸重新结合成视黄基酯,并与少量未酯化的视黄醇、胡萝卜素和叶黄素以及其他的类胡萝卜素一同掺入乳糜微粒进入淋巴,经胸导管进入体循环。大约膳食中 70% ~90% 的视黄醇,20% ~50% 的类胡萝卜素被吸收。

肝脏是储存维生素 A 的主要器官,视黄醇主要以棕榈酸视黄酯的形式储存在肝星状细胞和肝主细胞中。肝脏储存类胡萝卜素的能力有限,过多的类胡萝卜素由血浆脂蛋白运至脂肪组织储存。

视黄醇从肝脏运至靶器官取决于由肝实质细胞合成和分泌的视黄醇结合蛋白(RBP)。视黄醇先与 RBP 结合成复合体,再与血浆中的转甲状腺蛋白(TTR)形成视黄醇 - RBP - TTR 复合体。视黄醇 - RBP - TTR 复合体是循环中维生素 A 的主要形式。靶细胞能够摄取视黄醇 - RBP - TTR 复合体,复合体释放出视黄醇,经细胞融合作用,视黄醇进入细胞内。

维生素 A 在体内被氧化,氧化产物与葡萄糖醛苷结合后经胆汁进入粪便排泄。约 70% 的维生素 A 经此途径排泄,约 30% 的代谢产物由肾脏排泄。类胡萝卜素主要由胆汁排泄。

（三）生理功能

1. 与视觉有关

维生素 A 是构成视觉细胞内感光物质的成分。人视网膜上有两种视觉细胞，即椎状细胞和杆状细胞，前者与明视有关，后者与暗视有关。杆状细胞内含有感光物质视紫红质，是黑暗中能够视物的主要物质，它由 11－顺式视黄醛和视蛋白组成。当视紫红质被光照射时，11－顺式视黄醛转变成全反式视黄醛并与视蛋白分离。在这一过程中感光细胞超极化，引发神经冲动，电信号上传到视神经。全反式视黄醛在酶作用下又转变成 11－顺式视黄醛，再与视蛋白结合成视紫红质循环使用。

人从亮处进入暗处，因视紫红质消失，最初看不清楚任何物体，经过一段时间待视紫红质再生到一定水平才逐渐恢复视觉，这一过程称为暗适应。暗适应的快慢取决于照射光的波长、强度和照射时间，同时也取决于体内维生素 A 的营养状况。

除了视黄醛作为视网膜中的感光物质成分，将光刺激转成神经信号产生视觉外，视黄酸还具有促进眼睛各组织结构的正常分化和维持正常视觉的作用。

2. 调节细胞生长和分化

细胞内视黄酸及其代谢产物与视黄酸受体/类维生素 AX 受体（RAR/RXR）特异性结合，激活 DNA 某一序列，引起 DNA 转录和蛋白质的合成，合成的蛋白质可以调节细胞的反应。在视黄酸及其代谢产物中，9－顺式视黄酸和全反式视黄酸的作用尤为重要，参与调节机体多种组织细胞的生长和分化，包括神经系统、心血管系统、眼睛、四肢和上皮组织等。

3. 与细胞膜表面糖蛋白合成有关

细胞连接、细胞黏附、细胞聚集和受体识别等功能与细胞膜表面的糖蛋白密切相关。维生素 A 在糖蛋白的合成中发挥重要作用，可能机制是视黄醇与 ATP 结合成视黄基磷酸酯，在 GDP—甘露糖存在条件下，视黄基磷酸酯转变为视黄醇—磷酸—甘露醇的糖酯，后者进一步将甘露糖转移到糖蛋白上，形成甘露糖—糖蛋白。糖蛋白糖苷部分的变化则改变细胞膜表面的功能。

4. 提高机体免疫功能

维生素 A 通过调节细胞免疫和体液免疫来提高免疫功能，可能与增强巨噬细胞和自然杀伤细胞的活力以及改变淋巴细胞的生长或分化有关。此外，维生素 A 促进上皮细胞的完整性和分化，也有利于抵抗外来致病因子的作用。

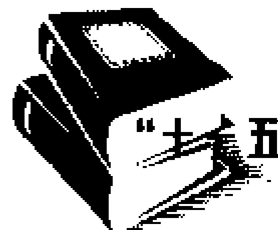
5. 抗氧化作用

类胡萝卜素能捕捉自由基，猝灭单线态氧，提高抗氧化能力。动物实验表明，维生素 A 具有抑制肿瘤的作用，这可能与其调节细胞的分化、增殖和凋亡有关，也可能与抗氧化功能有关。

（四）缺乏与过量

1. 缺乏症

膳食中维生素 A 及维生素 A 原长期不足或吸收不良会引起维生素 A 的缺乏。体内维生素 A 缺乏时暗适应能力下降，严重者可致夜盲症。维生素 A 缺乏可引起眼结膜干燥、变厚失去透明度，即干眼病，严重时可导致失明。儿童维生素 A 缺乏最重要的临床诊断体征是眼结膜毕



脱氏斑，其为脱落细胞的白色泡沫状聚积物，是正常结膜上皮细胞和杯状细胞被角化细胞取代的结果。

维生素 A 缺乏除了引起眼部症状外，还会引起上皮干燥、增生及角质化，这些症状除出现在皮肤外，也可出现在呼吸道、消化道等的黏膜，导致食欲降低、易感染。特别是儿童、老人容易引起呼吸道炎症，严重时可引起死亡。另外，缺乏维生素 A 的儿童免疫功能低下，生长发育迟缓，骨骼发育不良。缺乏维生素 A 的孕妇所生的新生儿体重减轻。

2. 过量与毒性

过量摄入维生素 A 可引起急性中毒和慢性中毒。当成人维生素 A 使用剂量超过 RNI 100 倍或儿童超过 RNI 20 倍即可发生急性中毒，症状为恶心、呕吐、头疼、眩晕、视觉模糊、肌肉失调、婴儿囟门突起。当剂量极大时可出现嗜睡、厌食、少动、反复呕吐，一旦停止服用症状会消失。长期使用剂量是 RNI 的 10 倍以上时可发生维生素 A 慢性中毒，常见症状是头痛、食欲降低、脱发、肝大、长骨末端外周部分疼痛、肌肉疼痛和僵硬、皮肤干燥瘙痒、复视、出血、呕吐和昏迷等。摄入普通食物一般不会引起维生素 A 过多，绝大多数过量病例系过多摄入维生素 A 浓缩制剂引起，也有食用狗肝、熊肝或鲨鱼肝引起中毒的报道。

大量摄入类胡萝卜素一般不会引起毒性作用，其原因是类胡萝卜素在体内向视黄醇转变的速率较慢。另外，随着类胡萝卜素摄入量增加，其吸收率降低。大剂量的类胡萝卜素摄入可出现高胡萝卜素血症，皮肤出现类似黄疸改变，但停止使用类胡萝卜素后症状会慢慢消失，未发现其他毒性作用。

(五)供给量与食物来源

膳食或食物中全部具有视黄醇活性的物质常用视黄醇当量(RE)来表示，包括已形成的维生素 A 和维生素 A 原的总量(μg)。它们的换算关系是：

1μg 视黄醇 = 0.003 5μmol 视黄醇 = 1μg 视黄醇当量(RE)

1μg β－胡萝卜素 = 0.167μg 视黄醇当量(RE)

1μg 其他维生素 A 原 = 0.084μg 视黄醇当量(RE)

1 IU 维生素 A = 0.3μg 视黄醇 = 0.344μg 醋酸维生素 A 酯 = 0.55μg 棕榈酸维生素 A 酯

膳食或食物中总视黄醇当量(μg RE) = 视黄醇(μg) + β－胡萝卜素(μg)×0.167 + 其他维生素 A 原(μg)×0.084

中国居民膳食维生素 A 推荐摄入量(RNI)见附录 1。维生素 A 的安全摄入量的范围较小，大量摄入有明显的毒性作用。维生素 A 的毒副作用主要取决于视黄醇的摄入量，也与机体的生理及营养状况有关。β－胡萝卜素是维生素 A 的安全来源。目前推荐的维生素 A(不包括胡萝卜素)的可耐受最高摄入量(UL)为：成人 3000μg/d，孕妇 2400μg/d，儿童 2000μg/d。

维生素 A 最好的来源是各种动物肝脏、鱼肝油、鱼卵、全奶、禽蛋等。植物性食物可提供作为维生素 A 原的类胡萝卜素。类胡萝卜素主要存在于深绿色或红黄色的蔬菜和水果中。含维生素 A 较丰富的食物如表 4—5 所示。

表 4—5 含维生素 A 较丰富的含物 μg/100g

食物名称	视黄醇当量	含物名称	视黄醇当量	食物名称	视黄醇当量
羊肝	20 972	胡萝卜	688	芒果	1342
鸡肝	10 414	冬寒菜	1158	柑橘	148
猪肝	4972	芹菜叶	488	鸡蛋	310
鸭肝	1040	菠菜	487	鹌鹑蛋	337
奶油	1042	生菜	298	辣椒	232

三、维生素 D

(一)理化性质

维生素 D 是指具有钙化醇生物活性的一大类物质,它们属于类固醇的衍生物。具有维生素 D 活性的化合物约有 10 种,其中以维生素 D_2(麦角钙化醇)及维生素 D_3(胆钙化醇)最为常见。二者的结构十分相似(图 4—2),维生素 D_2 比维生素 D_3 在侧链上多一个双键和甲基。

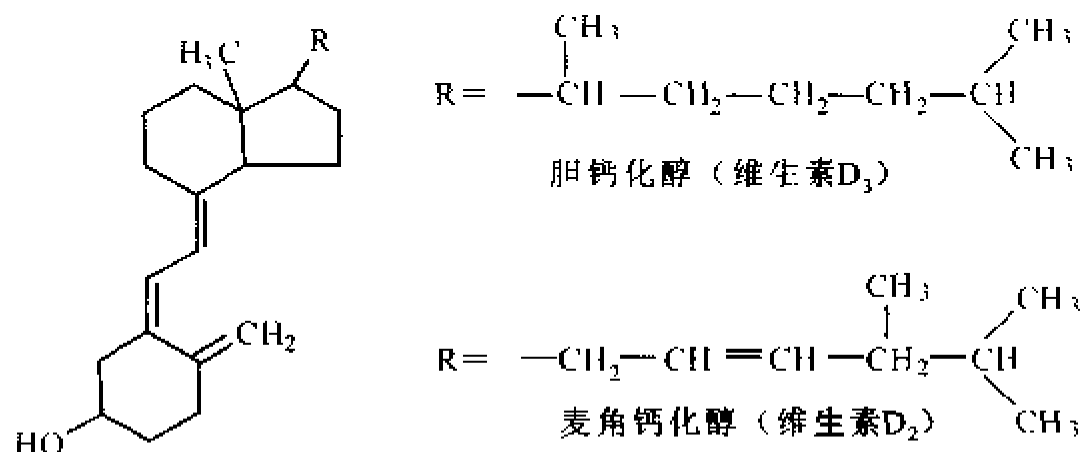


图 4—2 维生素 D 的化学结构

维生素 D_2 是酵母菌或植物中的麦角固醇经日光或紫外线照射后的产物,并且能被人体吸收,故麦角固醇可称为维生素 D_2 原。维生素 D_3 是储存于皮下的 7 - 脱氢胆固醇,在紫外线照射下转变而成的,故 7 - 脱氢胆固醇可称为维生素 D_3 原。因此,经常晒太阳是人体获得维生素 D_3 的最好来源。由于维生素 D_3 在人体的皮肤中产生,但要运往靶器官才能发挥生理作用,故也可以认为维生素 D_3 是激素。

维生素 D_2 和 D_3 皆为白色晶体,化学性质比较稳定,在中性和碱性溶液中能耐高温,且不易被氧化,故通常的贮藏、加工或烹调不影响其生理活性。但维生素 D 在酸性溶液中逐渐分解,脂肪酸败也可引起其破坏。维生素 D 对光敏感,易受紫外线照射而形成具有毒性的化合物。

(二)吸收与代谢

膳食中的维生素 D 进入消化道,在胆汁的协助下与其他脂溶性物质一起形成胶团,由小肠

表 4—5 含维生素 A 较丰富的食物 μg/100g

食物名称	视黄醇当量	食物名称	视黄醇当量	食物名称	视黄醇当量
羊肝	20 972	胡萝卜	688	芒果	1342
鸡肝	10 414	冬寒菜	1158	柑橘	148
猪肝	4972	芹菜叶	488	鸡蛋	310
鸭肝	1040	菠菜	487	鹌鹑蛋	337
奶油	1042	生菜	298	辣椒	232

三、维生素 D

(一)理化性质

维生素 D 是指具有钙化醇生物活性的一大类物质,它们属于类固醇的衍生物。具有维生素 D 活性的化合物约有 10 种,其中以维生素 D_2(麦角钙化醇)及维生素 D_3(胆钙化醇)最为常见。二者的结构十分相似(图 4—2),维生素 D_2 比维生素 D_3 在侧链上多一个双键和甲基。

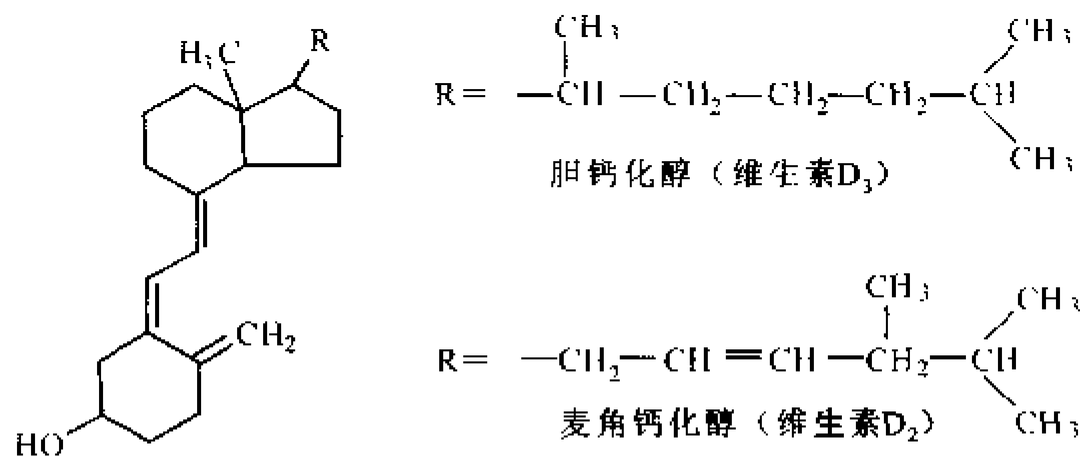


图 4—2 维生素 D 的化学结构

维生素 D_2 是酵母菌或植物中的麦角固醇经日光或紫外线照射后的产物,并且能被人体吸收,故麦角固醇可称为维生素 D_2 原。维生素 D_3 是储存于皮下的 7－脱氢胆固醇,在紫外线照射下转变而成的,故 7－脱氢胆固醇可称为维生素 D_3 原。因此,经常晒太阳是人体获得维生素 D_3 的最好来源。由于维生素 D_3 在人体的皮肤中产生,但要运往靶器官才能发挥生理作用,故也可以认为维生素 D_3 是激素。

维生素 D_2 和 D_3 皆为白色晶体,化学性质比较稳定,在中性和碱性溶液中能耐高温,且不易被氧化,故通常的贮藏、加工或烹调不影响其生理活性。但维生素 D 在酸性溶液中逐渐分解,脂肪酸败也可引起其破坏。维生素 D 对光敏感,易受紫外线照射而形成具有毒性的化合物。

(二)吸收与代谢

膳食中的维生素 D 进入消化道,在胆汁的协助下与其他脂溶性物质一起形成胶团,由小肠

4. 调节细胞的分化、增殖和生长

1,25-$(OH)_2$-D_3通过调节基因转录调节细胞的分化、增殖和生长。1,25-$(OH)_2$-D_3可促进干细胞向破骨细胞的分化，抑制成纤维细胞、淋巴细胞以及肿瘤细胞的增殖；1,25-$(OH)_2$-D_3可促进皮肤表皮细胞的分化并阻止其增殖，对皮肤疾病具有潜在的治疗作用。

（四）缺乏与过量

1. 缺乏症

维生素D缺乏导致肠道对钙、磷的吸收减少，以及肾小管对钙、磷的重吸收减少，影响骨钙化。缺乏维生素D对婴幼儿将引起佝偻病；对成年人，尤其是孕产妇、更年期妇女和老年人，可使已成熟的骨骼脱钙而发生骨质软化症和骨质疏松症。

(1)佝偻病　婴幼儿由于严重缺乏维生素D或钙、磷时，骨骼不能正常钙化，导致骨质过软，结构异常。佝偻病以头部、胸部及四肢有较明显的骨骼变形为突出症状，如身体重量使下肢骨弯曲，形成"X"或"O"形腿；胸骨外凸呈"鸡胸"，肋骨与肋软骨连接处形成"肋骨串珠"；囟门闭合延迟、骨盆变窄和脊柱弯曲；由于腹部肌肉发育不良，易使腹部膨出；牙齿萌出推迟，恒齿稀疏、凹陷、容易发生龋齿。

(2)手足痉挛症　缺乏维生素D、钙吸收不足、甲状旁腺功能失调或其他原因造成血清钙水平降低时可引起，表现为肌肉痉挛、小腿抽筋、惊厥等。

(3)骨质疏松症　成人缺乏维生素D，导致钙吸收不足，使成熟的骨骼脱钙而造成骨质疏松。这种现象多见于妊娠、多产的妇女和体弱多病的老人。常见症状是四肢酸痛、肌肉无力、脊柱弯曲、骨盆变形及身材变矮等。老年人由于肝肾功能降低、胃肠吸收欠佳、户外活动减少，故体内维生素D水平常常低于年轻人。骨质疏松症及其引起的骨折是威胁老年人健康的主要疾病之一。

2. 过量与毒性

过量摄入维生素D可引起维生素D过多症，其毒副作用包括食欲不振、体重减轻、恶心、呕吐、腹泻、头痛、多尿、烦渴、发热及血清钙磷增高，以至发展成动脉、心肌、肺、肾、气管等软组织转移性钙化和肾结石，严重的维生素D中毒可导致死亡。预防过量的维生素D中毒最有效的方法是避免滥用。

（五）供给量与食物来源

维生素D既来源于膳食，又可由皮肤合成，因而较难估计膳食维生素D的摄入量。中国营养学会制订的中国居民膳食维生素D推荐摄入量(RNI)对10岁以内、50岁以上的人群和孕妇、乳母为10μg/d，其他人为5μg/d。维生素D的可耐受最高摄入量(UL)为20μg/d。

维生素D的量可用国际单位(IU)或μg表示，它们的换算关系是：

1 IU维生素D_3=0.025 μg维生素D_3

1μg维生素D_3=40 IU维生素D_3

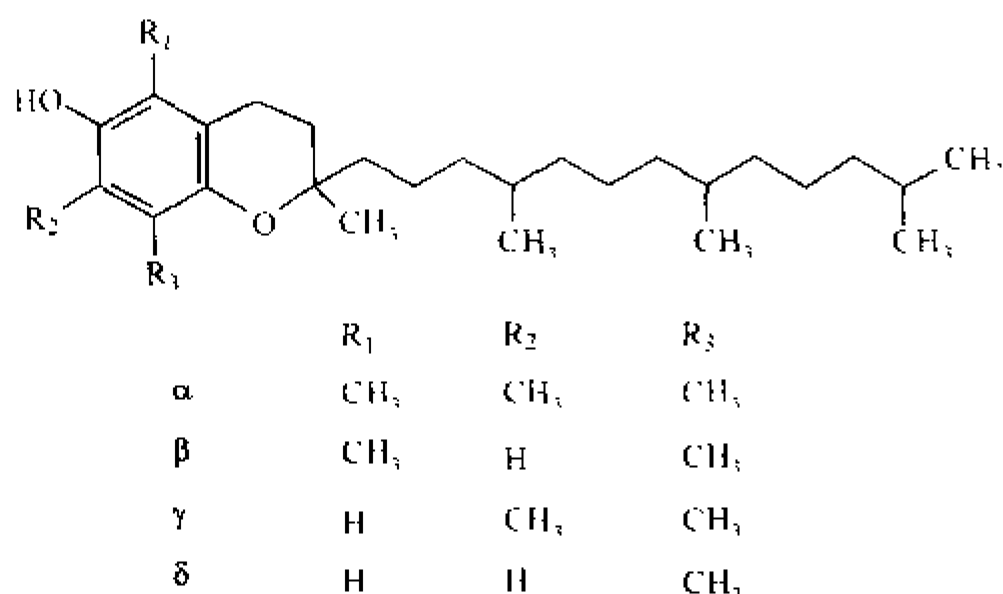
维生素D主要存在于动物性食品中，其中以海水鱼的肝脏含量最为丰富，如每100g比目鱼肝脏中的含量可高达500~1000μg。禽畜肝脏及蛋、奶也含少量维生素D_3，每100g的含量多在1μg以下。谷物、蔬菜、水果则几乎不含维生素D。一般情况下从天然食物中摄取足够的

维生素 D 较困难,尤其是婴幼儿,故应多晒太阳,使机体合成足够的维生素 D_3。

四、维生素 E

(一)理化性质

维生素 E 是指含苯并二氢吡喃结构,具有 α - 生育酚生物活性的生育酚和生育三烯酚及其衍生物的总称。生育酚有一个饱和的 16 碳侧链,其在 R_1,R_2 和 R_3 处以不同基团取代,可有 α - 生育酚、β - 生育酚、γ - 生育酚、δ - 生育酚的不同(如图 4—3 所示)。生育三烯酚与生育酚不同之处在于其 16 碳侧链上的 3′、7′和 11′位有 3 个不饱和双键。



	R_1	R_2	R_3
α	CH_3	CH_3	CH_3
β	CH_3	H	CH_3
γ	H	CH_3	CH_3
δ	H	H	CH_3

图 4—3 生育酚的化学结构

维生素 E 在无氧条件下对热稳定,即使加热至 200℃ 也不破坏。但它对氧极为敏感,易被氧化破坏。其对碱和紫外线也较敏感。维生素 E 在一般的烹调温度下损失不大,但高温油炸时维生素 E 活性大量丧失。凡引起类脂部分分离、脱除的加工或者油脂酸败都可能引起维生素 E 的损失。

由于维生素 E 对氧敏感,尤其是未酯化的 α - 生育酚可与自由基作用,生成氢过氧化物和 α - 生育酚自由基,后者较不活泼,可生成二聚生育酚和三聚生育酚而终止自由基反应。因此,维生素 E 在食品加工时常作为抗氧化剂应用。生育三烯酚的抗氧化作用比生育酚强。此外,α - 生育酚的酯类如 α - 生育酚乙酸酯和琥珀酸酯对氧化作用也有较强的抵抗力。

(二)吸收与代谢

生育酚在食物中可以游离形式存在,而生育三烯酚则以酯化的形式存在,它必须经胰酯酶和肠黏膜酯酶水解成游离形式,再与其他脂类消化产物一道,在胆汁的协助下,以胶团的形式被动扩散吸收,然后掺入乳糜微粒经淋巴导管进入血液循环。维生素 E 的吸收率一般为 20% ~50% ,最高可达 80% 。随着维生素 E 摄入量的增加,其吸收率降低。

血液中的维生素 E 可从乳糜微粒转移到其他的脂蛋白,如 HDL、LDL 和 VLDL 进行转运。大部分维生素 E 以非酯化的形式储存在脂肪细胞,少量储存在肝、肺、心脏、肌肉、肾上腺和大脑。维生素 E 的主要排泄途径是粪便,少量由尿中排出。

（三）生理功能

1.抗氧化作用

维生素E与类胡萝卜素、维生素C、硒和谷胱甘肽等构成机体的非酶抗氧化系统。生育酚可与自由基发生反应，本身被氧化成生育酚羟自由基。后者在维生素C、谷胱甘肽和NADPH的参与下重新被还原。维生素E与其他抗氧化物质，以及抗氧化酶包括超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶等共同构成体内抗氧化系统，协同维护细胞膜及细胞器的完整性和稳定性。

2.抗衰老作用

脂褐质俗称老年斑，是细胞内某些成分被氧化分解后的沉积物。随着年龄增长体内脂褐质不断增加。补充维生素E可减少细胞中脂褐质的形成。维生素E还可改善皮肤弹性，延缓性腺萎缩，提高免疫能力。因此，维生素E在预防衰老方面具有重要作用。

3.调节血小板的黏附力和聚集作用

维生素E可抑制磷酯酶A_2的活性，减少血小板血栓素A_2的释放，从而抑制血小板的聚集。维生素E缺乏时血小板聚集和凝血作用增强，增加心肌梗死及脑卒中的危险性。

4.与动物的生殖功能有关

维生素E缺乏时可出现睾丸萎缩和上皮细胞变性、孕育异常。人类尚未发现因维生素E缺乏而引起的不育症，但临床上常用维生素E治疗先兆流产和习惯性流产。

5.维护机体正常免疫功能

维生素E可抑制肿瘤细胞的生长和增殖，其作用机制可能与抑制细胞分化及生长密切相关的蛋白激酶的活性有关。维生素E还可抑制体内胆固醇合成限速酶，如β-羟-β-甲基戊二酸单酰辅酶A还原酶的活性，从而降低血浆胆固醇水平。

（四）缺乏与过量

正常情况下很少发生维生素E缺乏，但在低体重的早产儿、血β-脂蛋白缺乏症和脂肪吸收障碍的患者中可出现。维生素E缺乏的症状为视网膜褪变、蜡样质色素积聚、溶血性贫血、肌无力、神经退行性病变、小脑共济失调和震动感觉丧失等。

在脂溶性维生素中，维生素E的毒性相对较小。每天摄入800mg～3.2g维生素E可能出现中毒症状，表现为肌无力、视觉模糊、复视、恶心、腹泻以及维生素K的吸收和利用障碍等。

（五）供给量与食物来源

食物中α-生育酚分布最广，活性最强。维生素E的活性可用α-生育酚当量(α-TE)来表示，规定1 mgα-TE相当于1mg RRR-α-生育酚(或*D*-α-生育酚)的活性。维生素E的活性又可用国际单位(IU)来表示，1 IU的维生素E等于1 mg *DL*-α-生育酚乙酸酯的活性。中国营养学会提出中国居民膳食维生素E的适宜摄入量(AI)为成年男女14 mg α-TE，儿童依年龄而异。可耐受最高摄入量(UL)成人为800 mg α-TE，儿童为10mg α-TE/kg体重。

维生素E广泛分布于动、植物性食品之中。维生素E含量丰富的食品有植物油、麦胚、硬果、种子类、豆类及其他谷类。蛋类、肉类、鱼类、水果及蔬菜含量较少。含维生素E较丰富的食物见表4—6。

表 4—6 含维生素 E 较丰富的食物 mg/100g

食物名称	维生素 E 的质量分数	食物名称	维生素 E 的质量分数	食物名称	维生素 E 的质量分数
核桃	43.21	菜子油	60.89	绿豆	10.95
花生	18.09	豆油	93.08	黄豆	18.90
葵花子	34.53	芝麻油	68.53	青豆	10.09
羊肝	29.93	奶油	66.01	芝麻酱	35.09

五、维生素 K

(一)理化性质

维生素 K 是所有具有叶绿醌生物活性的 α - 甲基 - 1,4 - 萘醌衍生物的统称(如图 4—4)。天然维生素 K 有两种:维生素 K_1 存在于绿叶植物中,称为叶绿醌;维生素 K_2 是由微生物所合成的,也可由人体肠道细菌合成。

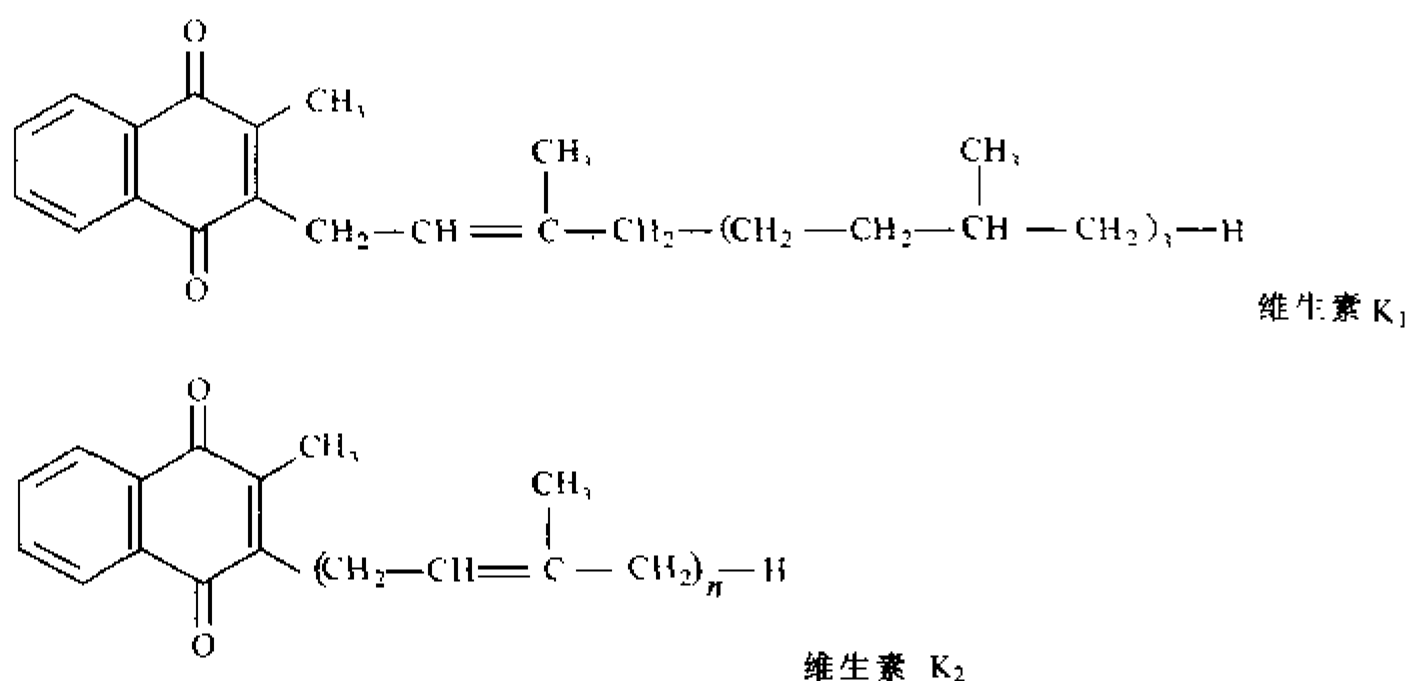


图 4—4 维生素 K 的化学结构图

维生素 K 对热、空气和水分都很稳定,但易被光和碱所破坏。由于它不是水溶性物质,在一般的食品加工中也很少损失。目前关于维生素 K 在食品加工、保藏等过程中的研究报告甚少。已知某些还原剂可将维生素 K 的醌式结构还原为氢醌结构,但这并不影响其维生素活性。

(二)吸收与代谢

维生素 K 的吸收需要胆汁和胰液。用标记的叶绿醌实验证明,正常人维生素 K 的吸收率约为 80%。脂肪吸收不良的患者,其吸收率为 20% ~30%,被吸收的维生素 K 经淋巴进入血液,摄入后 1 ~2h 在肝内大量出现,其他组织如肾、心、皮肤及肌肉内亦有增加,24h 后下降。维生素 K 吸收后在肝内迅速代谢,代谢物经肾及胆汁排泄。

（三）生理功能

维生素K的主要功能是参与凝血因子Ⅱ、凝血因子Ⅶ、凝血因子Ⅳ和凝血因子X在肝内的合成。当维生素K缺乏时，肝脏虽能合成上述四种因子，但缺乏生理活性，造成凝血障碍。这四种凝血因子都含有谷氨酸残基，必须经γ－羧化酶羧化形成γ－羧化谷氨酸，才能与血浆中的Ca^{2+}结合，而维生素K是羧化酶的活化剂。凝血因子通过Ca^{2+}与磷脂结合后才具活性。

（四）缺乏与过量

维生素K缺乏主要表现为轻重不一的出血症状。常见有鼻衄、牙龈渗血，皮下青紫，黑粪，月经过多，痔疮出血、创面与术后渗血等。尚未见长期大剂量摄入叶绿醌引起中毒的报道，动物摄入相当于每日需要量1000倍的剂量时也未见不良反应。

（五）供给量与食物来源

中国营养学会暂时提出我国居民膳食维生素K的适宜摄入量（AI），对成年男女分别为120μg/d和106μg/d。如有必要计算青少年的膳食适宜摄入量，可按2μg/（kg·d）计算。

维生素K在食物中分布很广，以绿叶蔬菜的含量最为丰富，每100g可提供50～800μg的维生素K。一些植物油和蛋黄等也是维生素K的良好来源，而肉、鱼、乳等含量较少。至于人体肠道细菌合成的维生素K，目前认为并非人体需要的主要来源。

六、维生素B_1

（一）理化性质

维生素B_1又称硫胺素，是由被取代的嘧啶和噻唑环通过亚甲基相连组成的（如图4—5）。硫胺素存在于大多数天然食品中，纯品为无色针状结晶。

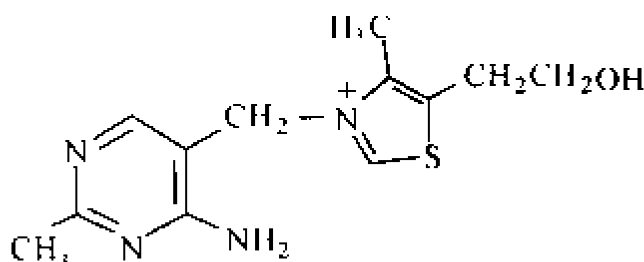
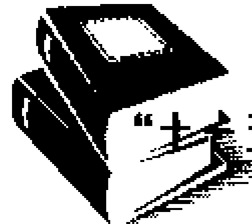


图4—5 硫胺素的化学结构图

硫胺素的稳定性取决于温度、pH、离子强度、缓冲体系等。温度高，硫胺素破坏多。硫胺素在酸性介质中比较稳定，加热不易分解，但在碱性条件下极不稳定。紫外线也可使硫胺素降解而失活，铜离子可加快它的破坏。亚硫酸盐在中性或碱性介质中能加速硫胺素的分解破坏，故在保存含硫胺素较多的食物时，不宜用亚硫酸盐作为防腐剂或以二氧化硫熏蒸食物。软体动物和鱼类的肝脏中含硫胺素酶，它能分解破坏硫胺素，但此酶一经加热即被破坏。含有单宁、咖啡酸、绿原酸等多羟基酚的食物也会通过氧化还原反应使硫胺素失活。



(二)吸收与代谢

硫胺素在空肠和回肠被吸收。当硫胺素浓度较低时,主要通过钠依赖的载体介导系统主动吸收,在较高浓度时被动扩散占优势。

在小肠黏膜游离的硫胺素可磷酸化成磷酸酯转运入血,血液内的硫胺素主要通过红细胞转运。体内硫胺素磷酸酯包括一磷酸硫胺素(TMP)、二磷酸硫胺素(TDP)、硫胺素焦磷酸(TPP)以及三磷酸硫胺素(TTP)。在机体组织中游离的硫胺素和其磷酸化形式均以不同数量存在,以TPP最为丰富,约占总硫胺素的80%,TTP约占5%~10%,其余的为游离的硫胺素和TMP。体内各种形式的硫胺素可以相互转化。

在体内硫胺素广泛分布于各种组织中,总量仅约30mg,骨骼肌、心、肝、肾和脑中浓度较高。硫胺素的生物半衰期约为9.5~18.5d。如果膳食中缺乏硫胺素,1~2周后体内的含量则下降而影响健康;摄入量超过生理需要量时会由肾脏排出体外,故需每天从食物中摄取。

(三)生理功能

1. 与能量代谢密切相关

焦磷酸硫胺素(TPP)是碳水化合物代谢中氧化脱羧酶的辅酶,即作为丙酮酸和α-酮戊二酸脱羧反应的辅酶。从葡萄糖、脂肪酸、支链氨基酸衍生来的丙酮酸和α-酮戊二酸需经氧化脱羧反应产生乙酰CoA和琥珀酰CoA,才能进入三羧酸循环,氧化产生ATP。乙酰CoA和琥珀酰CoA是三大营养物质分解代谢和产生能量的关键环节。因此,当硫胺素严重缺乏时,ATP生成障碍,丙酮酸和乳酸在组织中堆积,对机体造成广泛损伤。

2. 与核酸及脂肪酸的合成有关

TPP也可作为转酮醇酶的辅酶参与转酮醇作用,这是磷酸戊糖通路中的重要反应。转酮醇酶在磷酸戊糖途径中催化5-磷酸木酮糖生成3-磷酸甘油醛的反应以及5-磷酸核糖生成7-磷酸景天糖的反应。转酮醇作用不是碳水化合物氧化供能的一个重要途径,但它是核酸合成中的戊糖以及脂肪酸合成中还原型辅酶Ⅱ的重要来源。

3. 在神经生理上的作用

硫胺素在神经组织中可能具有一种特殊的非酶作用,当硫胺素缺乏时可影响某些神经递质的合成和代谢,如乙酰胆碱合成减少和利用降低。

(四)缺乏与过量

维生素B_1摄入量应与机体能量摄入量成正比,故妇女在妊娠、哺乳期间维生素B_1需要量相对较高。在高温环境下工作、精神高度紧张以及患发热、甲状腺功能亢进等代谢率增高疾病的病人,维生素B_1的需要量也相应增加。长期慢性腹泻、酗酒以及肝、肾疾病会导致硫胺素吸收或利用障碍,故这些人群容易出现硫胺素缺乏症。人们长期食用精白米和精白面,又缺乏富含硫胺素的食物补充,或煮粥、煮豆、蒸馒头时加入过量碱,也易造成硫胺素缺乏。

硫胺素缺乏的早期症状为体弱、疲倦、烦躁、健忘和消化不良等,严重时患脚气病。根据临床症状脚气病分为三型:

(1)干性脚气病:主要症状为周围神经炎,腓肠肌压痛痉挛、腿沉重麻木并有蚁行感,后期感觉消失,肌肉萎缩,共济失调。

(2)湿性脚气病：以循环系统症状为主的脚气病，出现心悸、气促、心动过速和水肿，心电图可见低电压、右心室肥大。

(3)急性暴发性脚气病：以心力衰竭为主，伴有膈神经和喉返神经瘫痪症状，进展较快。

婴儿脚气病多发生于出生2~5个月的婴儿，以心血管症状为主，早期表现食欲不振、心跳快、气促、水肿、烦躁不安，晚期表现心力衰竭症状，易被误诊为肺炎合并心力衰竭。

硫胺素过量中毒很少见，剂量超过RNI 100倍以上时可能出现头痛、惊厥、心律失常等症状。

(五)供给量与食物来源

中国营养学会提出我国居民膳食中硫胺素的推荐摄入量(RNI)，对成年男性为1.4mg/d，成年女性1.3mg/d，孕妇1.5mg/d，乳母1.8mg/d，儿童依年龄而异。其可耐受最高摄入量(UL)为50mg/d。

硫胺素普遍存在于各类食品中，小麦胚粉和干酵母中含量最高，谷类、豆类、肉类和动物内脏含量也较多，但蔬菜水果中含量不高。部分食物中硫胺素含量见表4—7。谷类过分精制加工、烹调前淘洗过度、加碱、高温等均可使硫胺素有不同程度的损失。

表4—7 部分食物中硫胺素的质量分数 mg/100g

食物名称	硫胺素的质量分数	食物名称	硫胺素的质量分数	食物名称	硫胺素的质量分数
麦胚粉	3.50	葡萄	0.04	绿豆	0.25
标准粉	0.28	莴苣	0.02	黄豆	0.41
特一粉	0.17	葵花子	0.36	猪瘦肉	0.54
小米	0.33	花生	0.72	鸡蛋	0.09

七、维生素B_2

(一)理化性质

维生素B_2又称核黄素，是带有核醇侧链的异咯嗪衍生物(如图4—6所示)。核黄素纯品为橙黄色针状结晶，味苦。核黄素水溶性较低，常温下每100mL水仅可溶解12mg核黄素。

核黄素在酸性或中性溶液中对热稳定，即使120℃加热6h也仅少量被破坏，并且不受大气

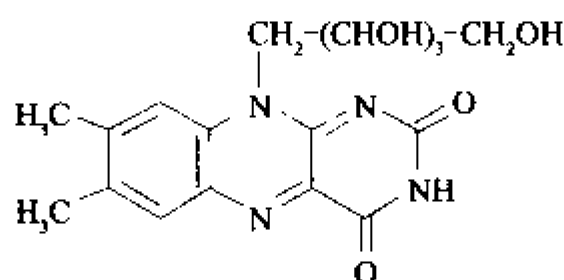


图4—6 核黄素的化学结构图

中氧的影响。但在碱性溶液中易被分解。核黄素易被光破坏,特别是对紫外光高度敏感。其在碱性溶液中光解为光黄素,在酸性或中性溶液中光解为光色素和光黄素,从而丧失生物活性。光黄素又可氧化破坏许多其他维生素,特别是抗坏血酸。游离型核黄素的光降解作用比结合型更为显著。

牛奶中的核黄素40%~80%为游离型,若牛奶以日光照射2h,其核黄素可被破坏一半以上,且破坏的程度随温度及pH增高而加大。它不仅使牛奶的营养价值受损,而且还可产生"日光异味"。当改用不透明的容器包装时便不产生这类问题。食品中大多数核黄素为结合型的,在一般加工条件下都很稳定。

(二)吸收与代谢

自然界中核黄素主要以黄素单核苷酸(FMN)和黄素腺嘌呤二核苷酸(FAD)两种辅酶形式与特定蛋白质结合形成黄素蛋白。食物中核黄素复合物只有转变成游离形式才能被吸收。核黄素复合物首先与蛋白质分离,FAD在焦磷酸酶作用下转变成FMN,FMN再在磷酸酶作用下转变成游离的核黄素。

核黄素的吸收是一个需要Na^+和ATP参与的主动转运过程。一般来说,动物来源的核黄素比植物来源的核黄素容易吸收。胃酸和胆汁有助于游离核黄素的释放和吸收;抗酸剂干扰食物中核黄素的释放;Cu^+,Zn^+和Fe^{2+}等金属离子通过螯合抑制核黄素的吸收;酒精可干扰核黄素的消化和吸收。

核黄素一进入小肠黏膜细胞即被磷酸化为FMN,在浆膜面FMN再脱磷酸化成为游离核黄素,并经门静脉运至肝脏。核黄素在肝脏中被磷酸化成作为辅酶的FMN和FAD。血浆中的白蛋白、免疫球蛋白和纤维蛋白原作为核黄素、FMN和FDA运输的载体,其中白蛋白是主要运输载体。核黄素与血浆蛋白的结合能够减少肾小球滤过过程中核黄素的丢失。

机体各组织均有少量的核黄素,肝脏、肾脏和心脏含量最高。多余的核黄素从肾脏排出。由于人体核黄素贮存量少故需每日从食物中补充。

(三)生理功能

1.参与机体能量代谢

黄素蛋白通过呼吸链参与机体氧化还原反应与能量代谢。重要的含黄素蛋白的酶有*L*-氨基酸氧化酶及*D*-氨基酸氧化酶、细胞色素C还原酶、谷胱甘肽还原酶、内酮酸脱氢酶、琥珀酸脱氢酶、脂肪酰辅酶A脱氢酶、黄嘌呤氧化酶、单胺氧化酶等。这些酶在氨基酸、脂肪、碳水化合物的代谢中起重要作用,从而促进正常的生长发育,维护皮肤和黏膜的完整性。若体内核黄素不足,则物质和能量代谢发生紊乱,将表现出多种缺乏症状。

2.参与烟酸和维生素B_6的代谢

FAD和FMN作为辅酶参与色氨酸转变为烟酸、维生素B_6转变为磷酸吡哆醛的代谢过程。

3.参与体内的抗氧化防御系统

FAD作为红细胞谷胱甘肽还原酶的辅酶,参与体内的抗氧化防御系统,维持还原型谷胱甘肽的浓度。故核黄素缺乏时常伴有脂质过氧化作用增加。

(四)缺乏与过量

摄人不足和酗酒是核黄素缺乏的最主要原因。核黄素缺乏常表现出眼部、口腔和皮肤症状。

(1)口腔部症状：口角湿白及裂开、湿白斑、溃疡、疼痛(口角炎)；下唇红肿、干燥、皲裂(唇炎)；舌肿胀、疼痛、红斑、舌乳头萎缩(舌炎)。

(2)眼部症状：表现为睑缘炎，角膜血管增生，羞光，视物模糊，流泪，暗适应能力下降等。

(3)皮肤症状：表现为脂溢性皮炎，常见于鼻唇沟、眉间、耳后及乳房下、腋下、腹股沟等处。男性常可在阴囊两侧出现对称性阴囊皮炎。

核黄素大剂量摄入并不能过多地增加其吸收，多余的核黄素将排出体外。目前尚无过量核黄素引起中毒的报道。

(五)供给量与食物来源

中国营养学会提出我国居民膳食中核黄素的推荐摄入量(RNI)，对成年男性为 1.4mg/d，成年女性 1.2mg/d，孕妇及乳母 1.7mg/d，儿童依年龄而异。

核黄素广泛存在于各类食品中，不同食物中含量差异较大。动物性食品比植物性食品含量高，动物肝、肾、心、蛋黄、乳类尤为丰富。一般蔬菜和谷类含量较少。部分食物中核黄素含量见表 4—8。

表 4—8　部分食物中核黄素的质量分数　mg/100g

食物名称	核黄素的质量分数	食物名称	核黄素的质量分数	食物名称	核黄素的质量分数
标准粉	0.08	猪肝	2.68	绿豆	0.10
小米	0.10	牛乳	0.14	黄豆	0.20
辣椒	0.16	鸡蛋	0.31	花生	0.13
西瓜	0.04	黄鳝	0.98	蘑菇	0.35

八、烟酸

(一)理化性质

烟酸即维生素 PP，又名尼克酸，是具有烟酸生物学活性的吡啶－3－羧酸衍生物的总称，烟酰胺则是其相应的胺基化合物，如图 4—7 所示。

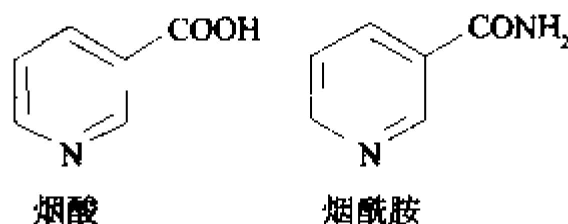


图 4—7　烟酸和烟酰胺的化学结构图

烟酸对酸、碱、光、热都很稳定，是最稳定的维生素之一。它耐热，即使在 120℃ 加热



20min,也几乎不被破坏,因此一般食品烹调加工对其破坏很少。但是,蔬菜所含烟酸由于整理、烫漂和沥滤等可有损失,此损失平行于其他水溶性维生素的损失。

玉米中所含烟酸大部分为结合型烟酸,约占总量的64% ~73%,不能被人体利用,但这种结合型烟酸在碱性溶液中可以分解出游离烟酸。如在玉米粉中加入0.6% ~1.0%的 $NaHCO_3$ 做成窝头,熟制品中游离烟酸含量随pH升高而增加,而玉米中的维生素 B_1 和维生素 B_2 基本不受影响。经动物和人体试验证明,玉米中结合型烟酸经 $NaHCO_3$ 处理后,其烟酸可以被动物和人体利用。

(二)吸收与代谢

食物中的烟酸主要以辅酶Ⅰ(NAD)和辅酶Ⅱ(NADP)的形式存在,它们在胃肠道经甘油水解酶水解成游离烟酰胺。吸收烟酸和烟酰胺的主要部位是小肠,高浓度时通过被动扩散方式吸收,低浓度时则通过 Na^+ 依赖的主动方式吸收。吸收入血的烟酸主要以烟酰胺的形式存在。机体组织细胞通过简单扩散的方式摄取烟酰胺或烟酸,然后以NAD或NADP的形式存在于所有组织中,其中肝组织的浓度最高。

烟酸可随乳汁分泌,也可以随汗液排出,但主要是通过尿液排泄。烟酸在肝内甲基化形成 N^1 - 甲基尼克酰胺和2 - 吡啶酮等代谢产物从尿液中排出。

(三)生理功能

烟酸在体内以NAD和NADP的形式作为辅基参与脱氢酶的组成,在生物氧化还原反应中作为氢的受体和电子的供体。其具有重要的生理功能,包括:参与葡萄糖酵解、丙酮酸代谢、戊糖合成以及高能磷酸键的形成;参与蛋白质核糖基化过程,与DNA复制、修复和细胞分化有关;在维生素 B_6、泛酸和生物素存在下参与脂肪酸、胆固醇以及类固醇激素等的生物合成。此外,烟酸还是葡萄糖耐量因子GTF的重要组分,能促进胰岛素反应。烟酸还能降低血清胆固醇,有利于改善心血管功能。

(四)缺乏与过量

烟酸缺乏会引起癞皮病,其典型症状为皮炎、腹泻和痴呆。初期表现为体重减轻、失眠、头疼、记忆力减退等,继而出现皮肤、消化系统、神经系统症状。其中皮肤症状最具特征性,主要表现为裸露皮肤及易摩擦部位出现对称性晒斑样损伤,慢性病例皮炎处皮肤变厚、脱屑、色素沉着,也可因感染而糜烂。口、舌部症状表现为杨梅舌及口腔黏膜溃疡,常伴有疼痛和烧灼感。胃肠道症状主要为食欲不振、恶心、呕吐、腹痛、腹泻等。神经症状可表现为失眠、衰弱、乏力、抑郁、淡漠、记忆力丧失,甚至发展成木僵或痴呆症。烟酸缺乏常与硫胺素、核黄素缺乏同时存在。

目前尚未见食用烟酸过量引起中毒的报道。烟酸毒性报道主要见于临床采用大剂量烟酸治疗高血脂症病人所出现的副反应,表现为皮肤潮红、眼部不适、恶心、呕吐,大剂量服用时还会出现黄疸、转氨酶升高等肝功能异常以及葡萄糖耐量的变化。

(五)供给量与食物来源

烟酸除了直接从食物中摄取外,还可在体内由色氨酸转化而来,平均约60mg色氨酸可转

化为1mg烟酸。因此膳食中烟酸的参考摄入量采用烟酸当量(NE)为单位,即

$$烟酸NE(mg)=烟酸(mg)+1/60色氨酸(mg)$$

中国营养学会提出我国居民膳食中烟酸的推荐摄入量(RNI),对成年男性为14 mg NE/d,成年女性为13 mg NE/d,孕妇为15 mg NE/d,乳母为18 mg NE/d,儿童依年龄而异。

烟酸广泛存在于动植物食品中,良好的食物来源为肝、肾、瘦肉、豆类、全谷等。含烟酸较丰富的食物见表4—9。

表4—9 含烟酸较丰富的食物 mg/100g

食物名称	烟酸的质量分数	食物名称	烟酸的质量分数	食物名称	烟酸的质量分数
黑米	7.9	羊肝	22.1	鸡肉	5.6
标准粉	2.0	猪肝	15.0	洋葱	3.0
花生	4.5	猪肾	8.0	黄豆	2.1
葵花子	4.8	牛肉	6.3	蘑菇	4.0

九、维生素B_6

(一)理化性质

维生素B_6是吡啶的衍生物,包括吡哆醇(PN)、吡哆醛(PL)和吡哆胺(PM)三种形式(如图4—8)。它们都具有维生素B_6的活性,并可以相互转变。维生素B_6对热的稳定性与介质的pH有关,在酸性溶液中稳定,而在碱性溶液中易被破坏。它们对光较敏感,尤其是在碱性环境中。

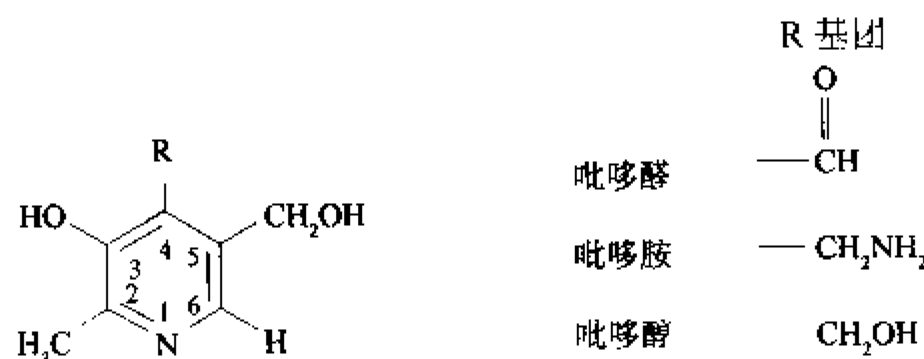
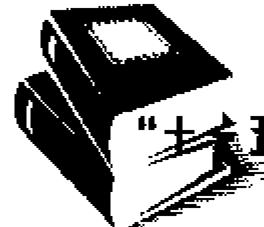


图4—8 维生素B_6的化学结构图

(二)吸收与代谢

维生素B_6主要在空肠被动吸收。食物中的维生素B_6多以磷酸酯的形式存在,吸收速度较慢。但经非特异性磷酸酶水解为非磷酸化的维生素B_6时,其吸收速度较快。维生素B_6在体内与血浆白蛋白结合而转运。它以磷酸吡哆醛(PLP)形式与多种蛋白质结合分布于组织中。通常人体内维生素B_6含量为40~150mg,约75%~80%存在于肌肉组织中。



维生素 B_6 在肝脏转化为磷酸化形式，并发挥其生理功能。在血循环中 PLP 约占 60%，它在肝脏中分解代谢为无活性的 4－吡哆酸而从尿中排出。维生素 B_6 也可经粪便排出，但排泄量有限。当摄入较大剂量的吡哆醇时，几小时后多余部分便从尿中排出，不能贮存，故需每日供给。

(三)生理功能

1. 参与氨基酸代谢

维生素 B_6 在体内被磷酸化为辅酶参与转氨基、脱氨基、脱羧、侧链裂解、转硫和消旋等反应，在氨基酸的合成与分解代谢上起着重要作用。

2. 参与糖和脂肪代谢

维生素 B_6 是糖原磷酸化反应中磷酸化酶的辅助因子，催化肌肉与肝脏中的糖原转化。维生素 B_6 还参与亚油酸合成花生四烯酸以及胆固醇的合成与转运。

3. 参与一碳单位代谢

维生素 B_6 是丝氨酸羟甲基转氨酶的辅酶，该酶通过转移丝氨酸羟甲基侧链到四氢叶酸分子参与一碳单位代谢，因而影响核酸和 DNA 的合成。此外，维生素 B_6 缺乏会损害细胞介导的免疫反应，这个损害作用可能也是通过参与一碳单位的代谢所引起的，因维生素 B_6 缺乏影响 DNA 的合成，继而会影响机体的免疫功能。

4. 与神经系统的正常功能有关

维生素 B_6 涉及神经系统中许多酶促反应，使神经递质的水平升高，包括 5－羟色胺、多巴胺、去甲肾上腺素、组氨酸和 γ－羟丁酸等。

(四)缺乏与过量

单纯性维生素 B_6 缺乏较少见，一般常伴有其他 B 族维生素缺乏。人体缺乏维生素 B_6 可致眼、鼻与口腔周围皮肤脂溢性皮炎，并可扩展至面部、前额、耳后、阴囊及会阴处。临床可见有唇裂、舌炎及口腔炎症，个别有神经精神症状，易激惹、抑郁及人格改变。此外，可出现高半胱氨酸血症和黄尿酸尿症，偶见低色素小细胞性贫血。儿童维生素 B_6 缺乏时发生烦躁、抽搐、惊厥、脑电图异常以及生长不良等临床症状。

从食物中获取过量的维生素 B_6 没有毒副作用，而通过补充品长期给予大剂量维生素 B_6(500mg/d)会引起严重毒副作用，主要表现为神经毒性和光敏感反应。

(五)供给量与食物来源

中国营养学会提出我国居民膳食中维生素 B_6 的适宜摄入量(AI)，对成人为 1.2mg/d，儿童依年龄而异。

维生素 B_6 广泛存在于各类食品中，其良好食物来源为肉类、肝脏、鱼类、豆类、坚果类等。在谷类、水果和蔬菜也含有维生素 B_6，但含量不高。

十、维生素 B_{12}

(一)理化性质

维生素 B_{12} 又称钴胺素，是化学结构最复杂的一种维生素(如图 4—9)，其分子主体是以钴

为中心元素的咕啉环。维生素 B_{12} 是目前所知惟一含有金属的维生素，其在体内转变为辅酶形式而具有生物活性。

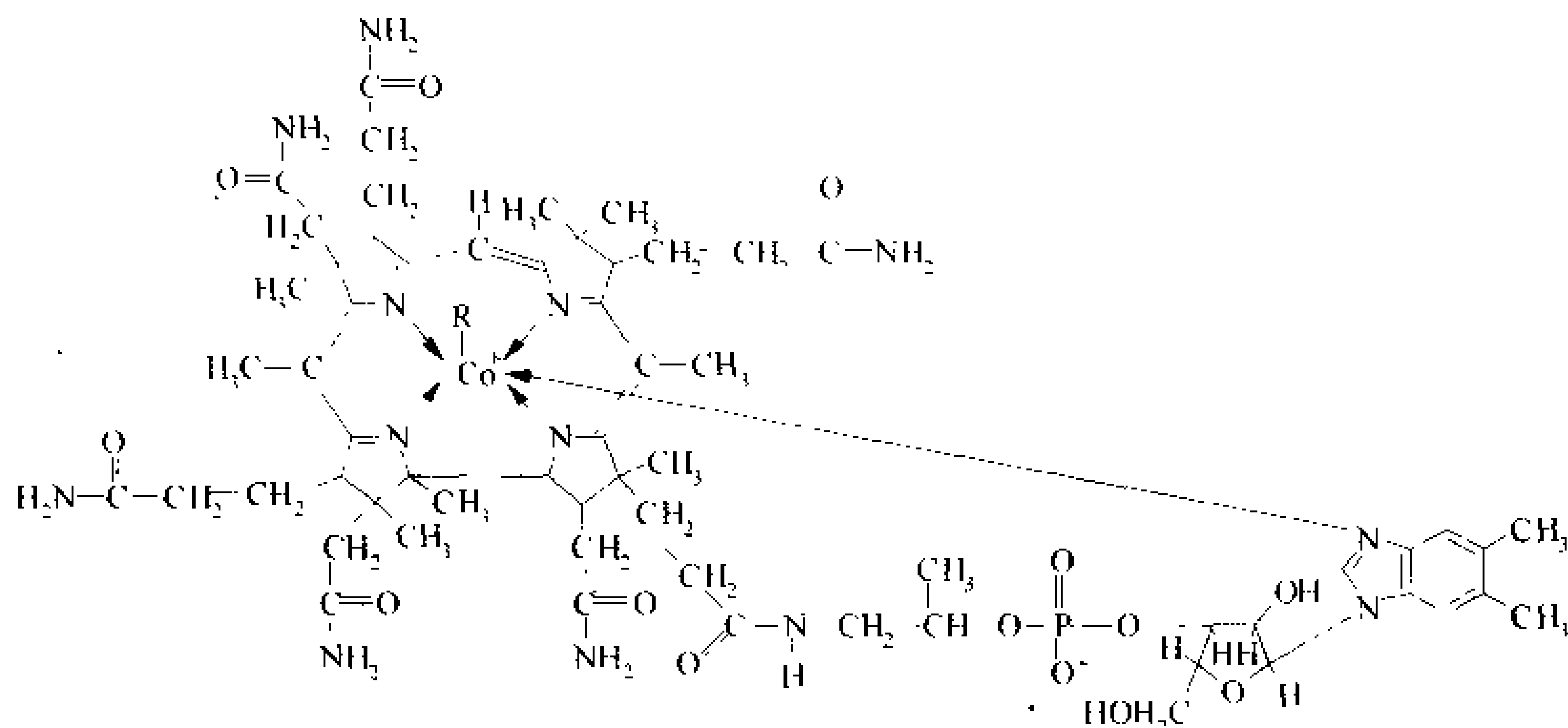


图 4—9 维生素 B_{12} 的化学结构图

维生素 B_{12} 是粉红色针状结晶，在 pH4.5～5.0 的弱酸性条件下最稳定，即使高压灭菌处理也很少损失。但在 pH 2 以下或 pH 9 以上则易分解。食品一般多在中性或偏酸性范围，故维生素 B_{12} 在烹调加工时破坏不多。氧化剂及还原剂对维生素 B_{12} 可有破坏作用，遇强光或紫外线亦易被破坏。

（二）吸收与代谢

食物中的维生素 B_{12} 以蛋白质复合物的形式进入体内，在胃酸和蛋白酶的消化下，维生素 B_{12} 从蛋白质复合物中游离出来，与胃黏膜分泌的一种称为“内因子”的糖蛋白结合才能在回肠被吸收。常见的维生素 B_{12} 障碍性恶性贫血就是由于胃黏膜变化引起内因子不足所造成的。

维生素 B_{12} 一旦被吸收入血，即重新与特异性蛋白质结合，通过血液循环送至各组织。人体内维生素 B_{12} 的总量为 2～4mg，其中 60% 贮存于肝脏。人体每天均可有 5μg 左右的维生素 B_{12} 排出。

（三）生理功能

1. 参与体内一碳单位的代谢

维生素 B_{12} 可将 5－甲基四氢叶酸的甲基移去形成有活性的四氢叶酸，以利于叶酸参与嘌呤、嘧啶的合成。所以维生素 B_{12} 可通过增加叶酸的利用率来影响核酸和蛋白质的合成，从而促进红细胞的发育和成熟。

2. 维持神经系统的正常功能

维生素 B_{12} 参与神经组织中髓磷脂的合成，同时又能使谷胱甘肽保持还原型而有利于糖代谢，故对维持神经系统的正常功能有重要作用。



（四）缺乏与过量

维生素B_{12}的半衰期为1360d，即使供给量小也要很久以后才会发生贫血。当机体的维生素B_{12}含量降至0.5mg左右，可导致红细胞中DNA合成障碍，诱发巨幼红细胞贫血，并且很难与缺乏叶酸引起的贫血相区别。此外，维生素B_{12}缺乏可引起神经系统损害，年幼患者会出现精神抑郁、智力减退。

（五）供给量与食物来源

中国营养学会制订提出我国居民膳食中维生素B_{12}的适宜摄入量（AI），青少年及成人为2.4μg/d，儿童依年龄而异。

维生素B_{12}的主要来源为肉类，尤以内脏含量最多，鱼、贝类、蛋类其次，乳类含量最少，植物性食品则一般不含此种维生素。动物性食物所含维生素B_{12}，主要由动物食人微生物合成的维生素B_{12}所致。人类结肠中的一些微生物也可以合成维生素B_{12}，但是它们往往与蛋白质结合而不被吸收，从粪便排出。

十一、叶酸

（一）理化性质

叶酸是含有蝶酰谷氨酸结构的一类化合物的统称，由蝶啶、对氨基苯甲酸和谷氨酸三部分组成。叶酸为黄色粉末状结晶，微溶于水，其钠盐溶解度较大。叶酸在酸性溶液中对热不稳定，在中性和碱性溶液中十分稳定，但易被光解破坏。食物中的叶酸经烹调加工后损失率可高达50%～90%。

（二）吸收与代谢

食物中的叶酸多以蝶酰多谷氨酸的形式存在，必须由空肠黏膜刷状缘上的γ－谷氨酰羧基肽酶水解成单谷氨酸叶酸的形式才能被小肠吸收。叶酸本身的存在形式会影响其在肠道的吸收率，一般还原型叶酸吸收率高。叶酸中谷氨酸分子越多，则吸收率越低。此外，膳食中也存在一些影响叶酸吸收的因素，如抗坏血酸和葡萄糖可促进叶酸的吸收。

人体内叶酸的总量为5～6mg，主要以5－甲基四氢叶酸的形式存在，其中约一半贮存于肝脏。叶酸在体内的代谢产物主要通过胆汁和尿排出体外。

（三）生理功能

叶酸在体内的生物活性形式是四氢叶酸（THFA），是一碳单位转移酶系的辅酶，在体内许多重要的生物合成中作为一碳单位的载体。一碳单位通常分别或同时结合在四氢叶酸分子的N^5和N^{10}位上。体内的一碳单位主要包括甲基、亚甲基、甲炔基、甲酰基及亚胺甲酰基等。

叶酸在腺嘌呤核苷酸与胸腺嘧啶核苷酸合成、甘氨酸与丝氨酸相互转化、同型半胱氨酸向蛋氨酸转化以及组氨酸向谷氨酸转化等过程中充当一碳单位的载体。因此，叶酸不仅对DNA、RNA和蛋白质的合成有重要影响，而且还可以通过蛋氨酸代谢影响磷脂、肌酸以及神经介质的合成。

(四)缺乏与过量

1.缺乏

当叶酸缺乏时将引起红细胞中DNA合成受阻,导致骨髓中幼红细胞分裂停止在S期,即停留在巨幼红细胞阶段而成熟受阻,细胞体积增大,不成熟的红细胞增多,同时引起血红蛋白的合成减少,表现为巨幼红细胞贫血。此类贫血以婴儿和妊娠期妇女较多见。患巨幼红细胞贫血的孕妇易出现胎儿宫内发育迟缓、早产及新生儿低出生体重。

孕妇孕早期缺乏叶酸是引起胎儿神经管畸形的主要原因。正常情况下,胚胎发育的第3~4周神经管闭合,但叶酸缺乏引起神经管未能闭合,会导致以脊柱裂和无脑畸形为主的神经管畸形。

叶酸缺乏可使同型半胱氨酸向胱氨酸转化出现障碍,形成高同型半胱氨酸血症。高浓度同型半胱氨酸不仅对血管内皮细胞有毒害作用,而且可激活血小板的黏附和聚集,因而被认为是动脉粥样硬化及心血管疾病的重要致病因素之一。此外,叶酸缺乏在一般人群还表现为衰弱、精神萎靡、健忘、失眠、阵发性欣快症、胃肠道功能紊乱和舌炎等。儿童叶酸缺乏可致生长发育不良。

2.过量

大剂量服用叶酸会产生毒副作用,如干扰抗惊厥药物的作用,影响锌的吸收,使胎儿发育迟缓、低出生体重儿增加等。过量叶酸的摄入干扰维生素 B_{12} 缺乏的诊断,可能使叶酸合并维生素 B_{12} 缺乏的巨幼红细胞贫血患者产生严重的不可逆转的神经损害。

(五)供给量与食物来源

叶酸的摄入量以膳食叶酸当量(DFE)表示。由于膳食中叶酸的生物利用率为50%,而叶酸补充剂与膳食混合时的生物利用率为85%,比单纯来源于食物的叶酸利用率高1.7倍,因此膳食叶酸当量的计算公式为

$$\text{DFE}(\mu g) = \text{膳食叶酸}(\mu g) + 1.7 \times \text{叶酸补充剂}(\mu g)$$

中国营养学会提出我国叶酸的推荐摄入量(RNI),成人为400μg DFE/d,孕妇为600μg DFE/d,乳母为500μg DFE/d。我国成人叶酸的可耐受最高摄入量(UL)为1000μg DFE/d。

叶酸广泛存在于动植物食物中,肝脏、小麦胚芽中含量较丰富,其他如肉类、鸡蛋、豆类、绿叶蔬菜、水果及坚果中都含有。

十二、维生素C

(一)理化性质

维生素C又称抗坏血酸,是一种含有六个碳原子的α-酮基内酯的酸性多羟基化合物。天然存在的抗坏血酸是L-型(如图4—10)。抗坏血酸易氧化脱氢形成L-脱氢抗坏血酸,后者在体内可还原为L-抗坏血酸,其活性约为抗坏血酸的80%。

维生素C容易失去电子,因此具有强还原性。固态的维生素C性质相对稳定,维生素C溶液性质不稳定,在有氧、加热、碱性物质、光照、金属离子、氧化酶等因素存在时易被氧化破坏,而在酸性条件下稳定。

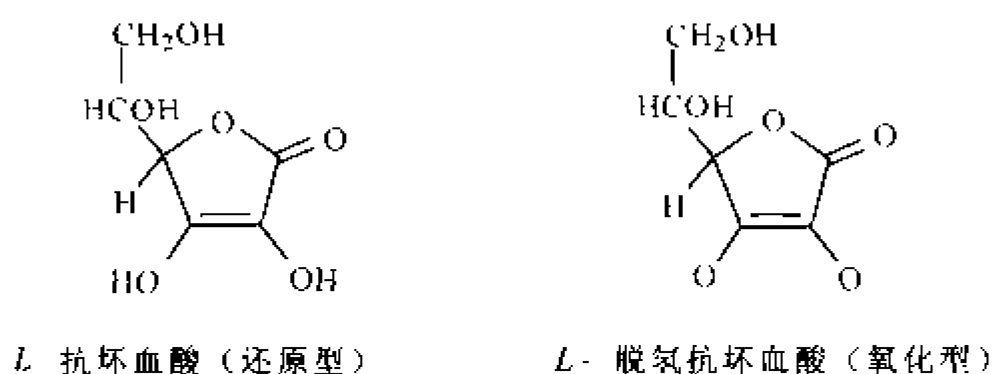


图4—10 维生素C的化学结构图

(二)吸收与代谢

维生素C主要在回肠被吸收。大多数维生素C以钠依赖的主动转运形式吸收入血,少量以被动扩散的方式吸收。抗坏血酸在吸收前可被氧化成脱氢抗坏血酸,后者能以更快的速度通过细胞膜。脱氢抗坏血酸一旦进入小肠黏膜细胞或其他组织细胞,在脱氢抗坏血酸还原酶作用下很快还原成抗坏血酸。抗坏血酸的吸收率随摄入量的增加而降低。当摄入量为20~120mg时,其吸收率为80%~95%。未吸收的抗坏血酸在消化道被氧化降解。

被吸收的维生素C在血浆中主要以抗坏血酸的形式运输,约5%以脱氢抗坏血酸的形式运输。机体不同组织中维生素C的浓度相差很大,如肾上腺、垂体和白细胞中浓度很高,但在血浆和唾液中较低。成人体内可贮留抗坏血酸1500~4000mg,因而数周内不摄入维生素C也不致发生缺乏症。但当贮留量低于300mg时,可出现坏血病症状。维生素C主要经肾脏排出,汗液和粪便中也有少量。

(三)生理功能

1.抗氧化作用

维生素C是体内一种重要的抗氧化剂,可以清除O_2^-·,OCl_3·,OH·,NO·等自由基,在保护DNA、蛋白质和膜结构免遭损伤方面起着重要作用。维生素C还可使二硫键(—S—S—)还原为巯基(—SH),在体内与其他抗氧化剂一起清除自由基,防止或延缓维生素A、维生素E及不饱和脂肪酸的氧化。

2.参与体内许多重要的羟化反应

维生素C作为底物和辅酶参与体内许多重要的羟化反应。维生素C可使脯氨酸羟化酶和赖氨酸羟化酶复合体中的三价铁还原成二价形式以维持其活性,并使脯氨酸和赖氨酸转变成羟脯氨酸和羟赖氨酸,后二者是胶原蛋白的重要成分。因此维生素C在维护骨骼、牙齿的正常发育和血管壁的正常通透性方面起着重要作用。维生素C缺乏影响胶原合成,使创伤愈合延缓,毛细血管壁脆弱。

维生素C也作为辅酶参与神经递质的合成。多巴胺-β羟化酶催化多巴胺的侧链羟化形成去甲肾上腺素,维生素C是该酶的辅酶。维生素C还参与类固醇的代谢,如由胆固醇转变成胆酸、皮质激素及性激素。长链脂肪酸通过线粒体膜进入线粒体必须由肉碱携带,维生素C作为羟化酶的辅酶促进肉碱的合成。

3. 其他功能

维生素 C 在细胞内作为铁与铁蛋白间相互作用的一种电子供体，可使三价铁还原为二价铁而促进铁的吸收，对改善缺铁性贫血有一定的作用。增加膳食中富含维生素 C 的蔬菜和水果摄入量可降低胃癌以及其他癌症的危险性，其机制可能与自由基清除和阻止某些致癌物的形成有关。维生素 C 可促进胆固醇向胆酸转化，降低血液中胆固醇含量，从而防治心血管疾病。

（四）缺乏与过量

膳食中长期缺乏维生素 C 可引起坏血病，主要临床表现是毛细血管脆性增强，牙龈肿胀、出血、萎缩，常有鼻衄、月经过多以及便血，还可导致机体抵抗力下降、骨钙化不正常及伤口愈合缓慢等。

长期大剂量服用维生素 C 对机体不利。有报道每日摄入维生素 C 2 ~ 8g 时，可出现恶心、腹部痉挛、腹泻、铁吸收过度、红细胞破坏及泌尿道结石等副作用，并可能造成对大剂量维生素 C 的依赖性。

（五）供给量与食物来源

中国营养学会提出我国居民维生素 C 的推荐摄入量（RNI）见附录 1。成人的维生素 C 可耐受最高摄入量（UL）为 1000mg/d。

维生素 C 的主要来源是新鲜的蔬菜和水果，如辣椒、苦瓜、花菜、韭菜等蔬菜含有丰富的维生素 C；猕猴桃、柑橘、鲜枣和草莓等水果含量丰富。含维生素 C 较丰富的食物见表 4—10。

表 4—10　含维生素 C 较丰富的食物　　mg/100g

食物名称	维生素 C 的质量分数	食物名称	维生素 C 的质量分数	食物名称	维生素 C 的质量分数
辣椒	144	番茄	19	草莓	47
苦瓜	56	柑	28	红果	53
圆白菜	40	葡萄	25	猕猴桃	62
菜花	61	荔枝	41	鲜枣	243

十三、其他维生素

（一）生物素

生物素又称为辅酶 R，D - 生物素是天然存在并具有生物活性的形式。生物素的最适 pH 为 5 ~ 8，对加热、光照和空气都很稳定，但强酸、强碱可导致生物素失活。故生物素在食品加工和烹调期间损失很少。

生物素是机体羧化酶和脱羧酶的辅酶，参与碳水化合物、脂类和蛋白质的代谢。因此生物素对人体物质代谢和能量代谢中具有重要作用。

生物素广泛存在于天然动、植物食品中，而且人体肠道细菌还可以合成生物素，因此单纯性的生物素缺乏很少见。但是长期摄食生鸡蛋可引起生物素缺乏。这是由于生鸡蛋中含有抗



生物素蛋白,能与生物素高度特异结合而阻止生物素的吸收。生物素缺乏的症状为干燥的鳞状皮炎、舌炎、食欲减退、恶心、肌肉疼痛及精神压抑等,在给予生物素治疗后症状消失。

中国营养学会制订的中国居民膳食生物素适宜摄入量(AI)依不同年龄而异,成人为30μg/d。动物肝脏、肾脏、蛋类、蘑菇、坚果等是生物素的良好来源。

(二)泛酸

泛酸又称遍多酸。天然存在并具有生物活性的为R-对映体,通常称为*D*(+)-泛酸。泛酸在中性溶液中耐热,其酸性或碱性水溶液对热不稳定,但泛酸对氧化剂和还原剂极为稳定。

泛酸在体内作为辅酶A和酰基载体蛋白的组成成分而起作用,其作为乙酰基或脂酰基的载体,不仅与碳水化合物、脂类和蛋白质代谢有密切关系,还参与抗体、乙酰胆碱的合成。

由于泛酸食物来源广泛,并且肠内细菌也能合成,故很少出现缺乏。只有在严重营养不良的情况下可出现泛酸缺乏,症状为头痛、乏力、失眠、肠紊乱及免疫能力降低等。

中国营养学会提出中国居民膳食泛酸的适宜摄入量(AI),青少年及成人为5.0mg/d,孕妇为6.0mg/d,乳母为7.0mg/d。泛酸广泛存在于各种动、植物食品中,主要来源是动物内脏、肉类、蘑菇、鸡蛋、花茎甘蓝等。

十四、类维生素

(一)牛磺酸

详见第三章。

(二)肉碱

肉碱又称肉毒碱,*L*-肉碱,是一种类似B族维生素的物质。肉碱易溶于水,从膳食摄入的肉碱能在小肠被人体完全吸收。在机体组织中,肾上腺的肉碱浓度最高,心脏、骨骼、肌肉和肝脏次之。肾和脑的肉碱浓度是血液的几十倍。

肉碱具有重要的生理作用,是脂肪酸转运至线粒体的载体和促进脂肪酸氧化的关键物质,可以减少蛋白质作为能量物质的消耗,从而增加蛋白质含量,减少脂肪在体内堆积。其能以酰基肉碱的形式及时将支链、短链酰基转运到线粒体膜外,调节线粒体内、外酰基的平衡。肉碱能为细胞质中脂肪酸合成提供乙酰基原料,维持正常的糖代谢。参与清除体内过量非生理性的酰基、乳酸和过量氨,并可作为生物抗氧化剂清除自由基,提高机体的免疫力及抗病、抗应激能力。肉碱还可以促进脂溶性维生素及钙、磷的吸收。

动物获得肉碱的途径,一是自身合成,二是从外界摄取。正常情况下,人体能合成所需的全部肉碱。若出现代谢异常,会抑制肉碱的合成,干扰利用或增加肉碱的分解,从而引起疾病。通常动物性食物中肉碱含量较高,植物性食物含量较低。瘦肉、肝脏、鸡肉、兔肉、牛奶和乳清等食物是肉碱的丰富来源。

(三)肌醇

肌醇,又名环已六醇,是一种易溶于水的类维生素。肌醇是生物体中不可缺少的成分,具

有多种重要功能，主要包括：和胆碱结合形成卵磷脂，是供给脑细胞营养的重要物质；促进脂肪代谢，降低血液中胆固醇；增加胃肠的蠕动，增强消化吸收能力；促进毛发健康生长，防止脱发。若体内肌醇缺乏，会出现毛发脱落、湿疹、生长停滞等症状。动物肝脏、啤酒酵母、牛脑、牛心、葡萄干、花生及麦芽等食物中富含肌醇。

第三节　水

一、水在人体中的含量及分布

水是人体含量最多的成分，约占体重的60%。机体的含水量与年龄、性别有关。年龄越小，含水量越多。新生儿的含水量可高达80%，成年男子的含水量约为体重的60%，成年女子为50%～55%。

水在体内的分布并不均匀，细胞内的含水量约占总量的60%，细胞外约40%，各组织器官的含水量相差很大，肝含水约68%，心含水约79%，肌肉含水约76%，皮肤含水约72%，骨骼约为22%，脂肪组织含水10%～30%，而以血液中含水量最多，约为83%。

水是体液的主要成分，人体体液约占体重的60%，分细胞内液和细胞外液。细胞外液包括血浆、细胞间液、淋巴液、结缔组织和软骨中的水、骨质中的水以及细胞转移液等。

水是维持生命活动最重要的营养素。一个人绝食1～2周，只要饮水尚可存活，但如绝水则仅能存活几天。此外，若长期不进食，体内贮备的碳水化合物、脂肪耗尽，蛋白质也失去一半时，机体尚可维持生命而无大的危险。但若机体失水达体重的10%，则情况严重，一旦机体失水超过20%就无法存活。

二、水的生理功能

1. 机体重要的组成成分

人体含量最高的成分是水，它广泛存在于人体的各个组织中，特别是新陈代谢旺盛的组织中，例如血液、肾脏、肝脏、肌肉、大脑、皮肤等。

2. 参与机体物质代谢

水是体内各种生化反应的媒介，参与体内水解、水合等生化反应，而且参与体内消化、吸收、呼吸、循环、分泌、排泄等一系列生理活动。水是无机物、有机物、酶和激素等的良好溶剂。即使是不溶于水的物质如脂肪等也能在适当条件下分散于水中构成乳浊液或胶体溶液，以利营养素的消化和吸收。由于水的流动性强，可以作为体内各种物质的载体，对于各种营养素的吸收和运输、气体的运输与交换、代谢产物的运输与排泄都有着非常重要的作用。

3. 调节体温

由于水的比热容高、蒸发热高以及导热性强，因此是体温调节系统的主要组成部分。人体在进行各种代谢过程中会释放大量热量，水可吸收这些热，并通过血液循环将这些热传至体表，通过对流、辐射、传导或蒸发而散失，维持体温在正常的范围内。

4. 润滑作用

水的粘度小，可使体内的摩擦部位滑润，减少损伤。体内关节、韧带、肌肉、眼球等处的活动都由水作为润滑剂。同时，水还可以滋润身体细胞，使其保持湿润状态。水还可以维持腺体

器官的正常分泌,如消化道中腺体的分泌有助于食物的吞咽、蠕动及残渣的排泄等。

三、人体内的水平衡

人体水的平衡对维持内环境的稳定具有非常重要的作用。人体通过水的摄入与排泄维持水的平衡。

1. 水的摄入

人体对水的需要量随体重、年龄、环境温度及劳动强度而有很大差异。年龄越大单位体重需要的水量相对较小,婴幼儿及青少年的需水量在不同阶段也不相同,人体每日需要的水量见表4—11。夏季天热、或在高温条件下劳动、运动时都可大量出汗,需大量饮水。

表4—11 人体每日需要的水量 mL/kg体重

年龄	需水量	年龄	需水量
0~1	120~160	8~9	70~100
2~3	100~140	10~14	50~80
4~7	90~110	18岁以上	40

人体水的来源主要是饮水、食物水和代谢水。其中,饮水和食物水是人体所需水的主要来源。一般情况下,只依靠食物中的水和营养素氧化代谢过程中获得的水难以提供代谢产物从尿液中排泄、补充肠道中水的丢失和从体表蒸发所需的水,所以饮水是必需的。食物内也含有水分,但食物中水的含量相差很大。代谢水是指营养素在人体内氧化过程中产生的水。每100g营养素在体内代谢产生的水量为:碳水化合物60 mL、蛋白质41 mL、脂肪107 mL。一般成人每日约需水2500~4000mL,其中代谢水为200~400mL,其余来自饮水和食物。

2. 水的排出

人体排出水的途径有呼吸、排汗、排尿和排便。肾脏排尿是人体排出水的最主要途径。机体通过调节排尿量,使水的排出量与摄入量相适应,以保持机体的水平衡。

以尿的形式排出的水约占人体水分排泄量的50%。正常人一天排出的尿液量为1000~2500mL,尿量多少取决于水的摄入量、代谢产物的生成量及肾脏浓缩功能。每1g代谢废物需溶解在15 mL水中排出。正常成人每日约排出35g废物,因此维持正常肾功能所需要的水最低限度是每天500mL。正常膳食时,尿液的溶质一半以上是尿素,在高蛋白膳食时尿素的排出量增加,会导致尿液的排出增加。

皮肤损失的水有两种情况,一种是由皮肤表层蒸发的水分,另一种是汗液损失。从事大强度的劳动与体育运动、高温的环境等都会引起汗液的排泄增加。与从汗液损失的水分相比,皮肤蒸发损失比较少,平均每天约为350mL。呼吸时也丧失一部分水分,快而浅的呼吸丢失水分少,慢而深的呼吸丧失水分多。正常人每日从呼吸丧失的水约300mL。

虽然粪便的含水量可高达70%,但在无腹泻的情况下粪便的排水量仅约100mL,这是因为在空肠和结肠中水被有效地重吸收。腹泻或呕吐可以使正常水的损失量大增。

3. 水平衡

人体水的平衡受中枢神经系统的调节,控制口渴的神经中枢在下丘脑。一般情况下,当体

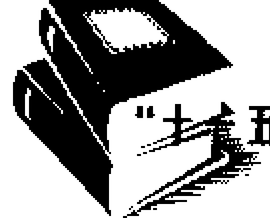
液损失达到总体液量的1% ~2%，即一个成年人的体液损失量达到350 ~ 700mL时，就可以产生口渴的感觉，从而调节人体对水的摄入。脑下垂体分泌的抗利尿激素可以改变肾脏远端肾小管对水的通透性，具有调节水排泄与水平衡的作用。由"口渴中枢"引起的液体摄入与抗利尿激素引起的体液的保存，共同维持着人体体液的稳定状态。

水代谢不平衡主要有两方面的表现，即水缺乏和水过多引起的水中毒。当缺水或失水过多时，有口渴、乏力等症状，严重时肌肉抽搐、血压降低、脉搏细弱，甚至可由于体内电解质代谢紊乱而死亡。水中毒是由于水分在体内储留过多引起的、可导致低渗状态。这种情况极少见于正常成年人。水中毒的临床表现，通常有渐进性精神迟钝、精神恍惚、昏迷、惊厥，甚至引起死亡。



思考题与习题

1. 矿物质的主要生理功能是什么？
2. 如何预防佝偻病和骨质疏松症？
3. 如何预防缺铁性贫血？
4. 为什么说锌是人体必需的微量元素？
5. 硒的主要生理功能是什么？
6. 碘缺乏病的主要表现是什么？如何预防碘缺乏病？
7. 为什么铜缺乏会引起缺铁性贫血？
8. 为什么铬缺乏会导致葡萄糖耐量异常？
9. 维生素缺乏的常见原因是什么？
10. 维生素A的主要生理功能是什么？
11. 为什么说维生素E是一种重要的维生素？
12. 为什么说维生素B_1与能量代谢密切相关？
13. 维生素B_2的生理活性形式是什么？其主要功能是什么？
14. 烟酸的生理活性形式是什么？其主要功能是什么？
15. 为什么叶酸或维生素B_{12}缺乏可引起巨幼红细胞贫血？
16. 维生素C的主要生理功能是什么？如何提高食品中维生素C的保存率？
17. 简述人体中水的含量及分布情况。
18. 为什么说水是维持生命活动最重要的营养素？
19. 如何维持人体的水平衡？



第五章 食物中的其他功能性成分

学习目的与要求

1. 了解食物中非营养素成分的组成及性质。
2. 了解食物中重要功能成分的主要生理功能,认识功能成分在人体营养的作用和地位。
3. 了解食物中重要功能成分的食物来源,认识重要功能成分在膳食中的特殊意义。

现代营养学的一项重要发现之一,就是揭示了膳食中一些早期为人们所忽视的生物活性物质对于人类健康的重要性。这些生物活性物质除人们所熟悉的生育酚(维生素E)和类胡萝卜素之外,还包括功能性多糖与低聚糖、生物类黄酮与植物多酚类、萜类化合物、皂甙类化合物、磷脂和胆碱、有机硫化合物及生物碱等。这些功能性物质的发现,不仅革新了传统营养学的一些"旧"观点,而且促进了人们对生命与健康的认识。

生物活性物质在维持并促进人体健康、预防诸多慢性疾病方面所具有的突出效果,必将使它在功能性食品领域大有作为。越来越多的生物活性物质相继为人们鉴定及研究,特别是膳食来源的诸多生物活性物质,至今人们已对它们进行了大量流行病学研究、动物试验、体外试验,甚至是临床研究,积累了丰富的研究成果。

第一节 功能性多糖与功能性低聚糖

一、功能性多糖及其主要功能作用

多糖(polysaccharide)和蛋白质、核酸一样都是重要的生物大分子。现代研究表明,多糖并不仅仅是一种结构材料或能量物质,还具有多种特殊的生理功能。现已从天然产物中分离出300余种多糖类化合物。

(一)功能性多糖的种类

按目前的研究,具有一定功能性的天然多糖按照来源可大致分为五大类:

1.植物多糖

同中药的研发相结合,目前主要亚洲国家研究较多,研究较多的植物多糖包括:南瓜多糖、茶叶多糖、枸杞多糖,苦瓜多糖及大枣多糖等。

2.动物多糖

主要是来源于多种哺乳动物的多糖,如肝素、硫酸软骨素B、海藻糖化的硫酸软骨素等,这些多糖的生物活性作用主要是抗凝血活性。

3.真菌多糖

真菌是天然药物资源和中草药的一个极为重要的组成部分,自1951年美国人Reilly H首

次发现担子菌有抑制肿瘤活性，至今人们已试验筛选出200种担子菌的多糖有抗癌活性。研究比较多的有：香菇多糖、裂褶菌多糖、灰树花多糖、茯苓多糖、奇果菌多糖、猪苓多糖、灵芝多糖、木耳多糖、虫草多糖及酵母葡聚糖等。

4. 藻类多糖

目前研究较多的有螺旋藻多糖、岩藻依聚糖、海带多糖、多管藻多糖、极大螺旋藻多糖等。

5. 细菌多糖

有肺炎球菌荚膜多糖、脑膜炎球菌荚膜多糖、流感杆菌荚膜多糖等，这一类多糖主要是作为疫苗研究。其中肺炎球菌等多糖在美国已应用于临床。

（二）功能性多糖的功效

1. 增强免疫力

真菌多糖、植物多糖、藻类多糖大多都具有免疫增强活性，是一种宿主免疫增强剂，能介导和调节宿主的免疫系统，刺激免疫细胞成熟、分化和增殖，改善宿主机体平衡，达到恢复和提高宿主细胞对淋巴因子、激素及其他生理活性因子的反应性。此外，多糖还具有与免疫力相关的多种活性功能，如抗肿瘤、降血糖、抗衰老、促进肝脏和骨髓细胞的蛋白质和核酸的合成、抗炎及抗放射作用等。不同种多糖结构的差异，造成具体作用位点、作用机制不同，表现活性也千差万别，如灵芝多糖，能促进蛋白质形成，改善造血功能，具有抗病毒、抗肿瘤作用；而乳酸多糖近来发现除具有抗细菌、抗真菌、抗肿瘤活性外，还能促使人体细胞中皮质醇、干扰素和去甲肾上腺素的产生，具有镇静剂功用。利用不同种多糖作用机制存在的差异，对其进行复合使用，可能会出现协同效应。

2. 抗病毒活性

对于多糖及其衍生物抗病毒活性的研究，主要有硫酸多糖、中性多糖及糖复合物（脂多糖、糖蛋白及糖肽）。许多藻类多糖被证明具有抗病毒活性，其中硫酸多糖已被证明是强抗HIV病毒物质，是当今多糖研究中的一个热点，具体有硫酸香菇多糖、忍冬多糖、螺旋藻多糖、裂褶多糖以及从空心莲子草（螃蜞菊）提取分离的硫酸化多糖等。其抗HIV作用的机理目前认为可能在于：

（1）大多数多糖的大分子能够机械性或化学性地结合到病毒与细胞的结合位点，从而竞争性地封锁了病毒感染细胞。

（2）抑制感染细胞HIV的复制。

中性多糖和糖复合物多是通过提高机体的免疫机能来达到抗病毒目的。其中许多已经在临床中得到很好效果，如猪苓多糖、云芝多糖等作为辅剂已成功用于肝炎病毒的治疗上。

3. 抗凝血作用

肝素（heparin）是高度硫酸酯化的动物多糖，与蛋白质结合大量存在于肝脏中。肝素有强烈的抗凝血活性，临床上用肝素钠盐预防或治疗血栓的形成。除动物来源多糖外，茶叶、猴头子实体、灵芝子实体、虻虫、麻黄果等不同来源多糖也被报道具有抗凝血活性。

4. 疫苗作用

这类作用多糖主要为病原性细菌的荚膜多糖。该多糖作为细菌的表面结构成份，在动物或人体内具有一定的免疫原性，刺激机体产生相应的抗体。细菌荚膜多糖属于非胸腺依赖性

抗原,从而不能对T辅助细胞进行激活,因此本身诱导抗体产生的能力较弱,维持时间也很短。为克服这一缺陷,将多糖菌苗与其外膜蛋白、脂多糖或胸腺依赖性载体结合,使之成为胸腺依赖性抗原,激发T淋巴细胞和B淋巴细胞的协同作用,能够大大增强其免疫原性。

二、功能性低聚糖及其功能作用

低聚糖(oligosaccharide)又称寡糖,是由2~10个单糖通过糖苷键连接形成直链或支链的一类寡糖的总称,相对分子质量约为300~2000。低聚糖可分为功能性低聚糖和普通低聚糖两大类。普通低聚糖包括蔗糖、乳糖、海藻糖和麦芽三糖等,可被机体消化吸收。功能性低聚糖包括水苏糖、棉籽糖、低聚果糖、低聚木糖、低聚半乳糖、低聚乳果糖、低聚异麦芽糖及低聚龙胆糖等,因人体肠道内不具备分解消化它们的酶系统,不能被消化吸收,但对人体有特别的生理功能,所以称为功能性低聚糖。自然界中主要存在于人乳、大豆、棉籽、桉树、甜菜、龙胆属植物根及淀粉的酶水解物中。

功能性低聚糖因具独特的生理功能而成为一种重要的功能性食品基料。其主要生理功能包括:

1. 改善肠道微生态环境

功能性低聚糖进入肠道后段可作为营养物质被肠道内的双歧杆菌和其他有益菌消化利用,低聚糖产生的酸性物质可降低整个肠道的pH,从而使有益菌大量增生,抑制肠内有害菌及病原菌(如沙门氏菌等)的繁殖,调节和恢复肠道内微生态菌群的平衡,提高动物的抗病能力。大量体内和体外实验表明,双歧杆菌发酵低聚糖产生短链脂肪酸(乙酸:乳酸=3:2)和一些抗菌素物质,不仅抑制外源病原菌和内源有害菌的生长,而且减少有毒代谢物及有害细菌酶的产生,服用功能性低聚糖可降低病原菌的数量,对腹泻有防治作用。

功能性低聚糖的摄入促进了短链脂肪酸的分泌量,刺激了肠的蠕动和通过渗透压增加粪便水分,因而能防止便秘的发生。

2. 提高机体免疫力

功能性低聚糖增殖的双歧杆菌细胞壁和分泌物可产生大量的免疫物,如S-TGA免疫蛋白,其阻止细菌附着于宿主的肠黏膜组织的能力是其他免疫球蛋白的7~10倍。双歧杆菌对肠道免疫细胞强烈的刺激,又增加了抗体细胞的数量,激活了巨噬细胞的吞噬力,增强了杀伤性T细胞、NK细胞对衰老、病毒、肿瘤等细胞的杀伤力,提高了机体免疫能力。大量试验表明,双歧杆菌在肠道内大量繁殖对小动物有抗癌作用,这种作用归功于双歧杆菌的细胞,细胞壁物质和细胞间物质使机体免疫力提高。

3. 预防并减少心脑血管疾病的发生

功能性低聚糖不能被消化酶消化吸收而转化成脂肪。它被双歧杆菌分解产生的丙酸能抑制肝脏胆固醇的生成,分解产生的醋酸盐能抑制肝脏中葡萄糖转化成脂肪;低聚糖类似水溶性植物纤维,能改善血脂代谢,降低血液中胆固醇和甘油三酯的含量;功能性低聚糖属低甜度、低热量糖,服用后不会提高血糖值。摄入低聚糖可降低血清胆固醇水平和降低血压,人体试验表明,通过摄入功能性低聚糖可以使血清胆固醇明显下降。

4. 改善营养物质的吸收

双歧杆菌能产生维生素B_1、维生素B_6、维生素B_{12}、烟酸和叶酸等,含双歧杆菌的发酵乳制品改善了乳糖不耐症,促进了钙的吸收。低聚糖与膳食纤维一样,具有结合钙、镁、锌、铜等金

属离子的作用，在胃肠中形成低聚糖分子—矿物质络合物，到达大肠后低聚糖被双歧杆菌发酵分解，同时释放出矿物质被肠道生物吸收。另外低聚糖分解产生的低分子弱酸降低肠道 pH，使许多矿物质溶解度增加，生物有效性得以提高，其中低分子丁酸盐能刺激黏膜细胞生长，进一步提高肠黏膜对矿物质的吸收能力。

5. 抗龋齿功能

低聚糖还能强烈抑制蔗糖被链球菌合成为不溶性葡聚糖，防止在牙齿上附着形成牙菌斑，从而起到抗龋齿作用。

第二节　多　酚　类

生物类黄酮(bioflavonoids)

(一)生物类黄酮的特点

生物类黄酮亦称维生素 P，常与维生素 C 伴存，在自然界广泛分布，目前发现的已达 5000 余种，属植物次级代谢产物。类黄酮是一组在结构和性质上不同的化合物。生物类黄酮泛指两个苯环(A 环与 B 环)通过中央三碳链相互联结而成的一系列 $C_6-C_3-C_6$ 化合物，主要是指以 2－苯基色原酮为母核的化合物，其基本结构如图 5—1。

表 5—1　黄酮物质化合物的主要结构类型

名称	黄酮类(flavones)	黄酮醇(flavonol)	二氢黄酮类(flavanones)	二氢黄酮醇类(flavanonols)	花色素类(anthocyanidins)	黄烷－3,4－二醇类(flavan－3,4－diols)	双苯吡酮类(呫酮类)(xanthones)
三碳链部分结构	O	O, OH	O	O, OH	O⁺, OH	OH, OH	O
名称	黄烷－3－醇类(flavan－3－ols)	异黄酮类(isoflavones)	二氢异黄酮类(isoflavanones)	查耳酮类(chalcones)	二氢查耳酮类(dihydrochalcones)	橙酮类(aurones)	高异黄酮类(homoisoflavones)
三碳链部分结构	OH	O	O	OH, O	OH, O	O, =CH—	O

生物类黄酮主要种类有黄酮醇、黄酮、黄烷酮、儿茶素、花色素、异黄酮、二氢黄酮醇及查尔酮等。黄酮类化合物是药用植物中主要活性成分之一，具有抗氧化、抗炎、抗菌、保护心脑血管系统和抗癌等广谱的生理活性。

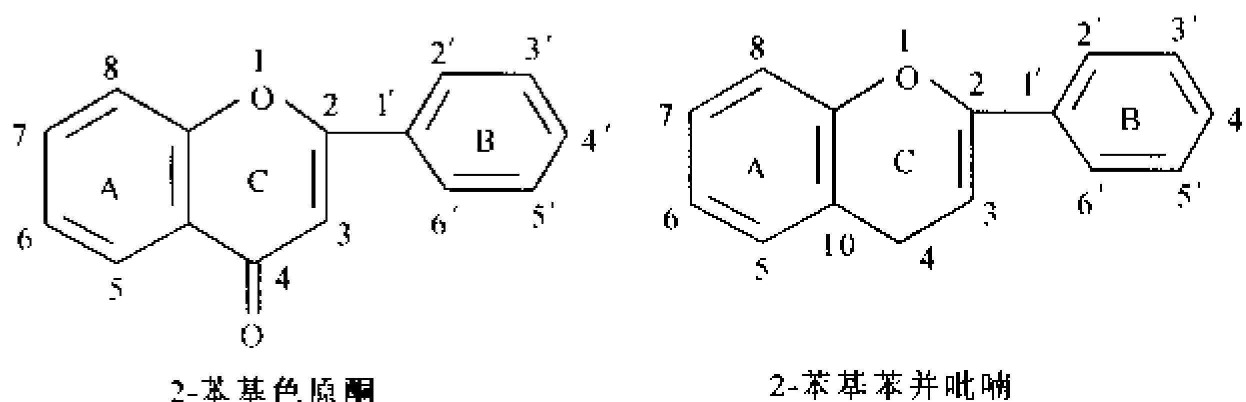


图 5—1 生物类黄酮化学结构

（二）生物类黄酮的生理功能

1. 清除自由基和抗氧化作用

生物体内存的自由基可以引起癌症、衰老、心血管病等多种疾病。生物类黄酮具有清除自由基和抗氧化的能力，其作用机理在于它阻止了自由基在体内产生的 3 个阶段，即与超氧阴离子反应阻止自由基引发；与金属离子螯合阻止羟基自由基的生成；与脂质过氧基反应阻止脂质过氧化过程。

不同的黄酮类化合物有不同的抗氧化能力，这主要与它们的结构有关，研究发现 B 环上邻羟基的存在对生物类黄酮清除自由基的活性影响最大。生物类黄酮能显著抑制油脂的氧化，以槲皮素、异鼠李素为主的沙棘黄酮、银杏黄酮对沙棘油的抗氧化研究结果表明，其抗氧化效果与 2,6－二叔丁基对甲酚（BHT）相当。

2. 抗癌防癌

生物类黄酮主要通过 3 个途径达到抗癌、防癌的作用，即抗自由基作用、直接抑制癌细胞生长和抗致癌因子。致癌促癌因子使体内产生自由基，并以自由基的形式富集于脂质细胞膜的周围，引起脂质过氧化，破坏细胞的 DNA 而致癌，生物类黄酮是自由基猝灭剂和抗氧化剂，能有效地阻止脂质过氧化引起的细胞破坏，起到抗癌、防癌的作用。许多生物类黄酮具有抑制肿瘤细胞糖酵解、生长及线粒体琥珀酸氧化酶活性和磷脂酰肌醇激酶（卵巢癌细胞中）活性的功能，可起到抗癌、防癌的作用。槲皮素在毫摩尔浓度下就可抑制癌细胞生长发育阶段所必需的酶系统，从而有效地阻滞癌细胞增殖，亦可以通过抑制钙调素（肿瘤细胞 DNA 合成的活化因子）而有效地抑制肿瘤。生物类黄酮还可以保护细胞免受致癌因子的损害。

3. 预防心血管疾病

黄酮类化合物能抑制低密度脂蛋白氧化作用，具有降血脂、降胆固醇的作用。黄酮类化合物能保护人类血清对硝苯磷酯活性，减少脂质过氧化物含量，从而减少动脉粥样硬化的形成。研究表明，生物类黄酮摄取量与冠心病发病率和死亡率成反比关系。银杏黄酮适用于脑功能障碍，智力功能衰退，末梢血管血流障碍伴随的肢体血流不畅，临床上用于治疗冠心病、心绞痛、脑血管疾病等均有良好的疗效。沙棘黄酮是治疗心绞痛、预防动脉粥样硬化、心肌梗塞、脑血栓的理想天然药物，对治疗心绞痛的总有效率达 97.1%。

4. 抗菌作用

黄酮类化合物对自然界中许多病原微生物具有广泛的抑制和杀灭作用。其抗菌机制主要

由于本身呈弱酸性，能使蛋白质凝固或变性，故有杀菌和抑菌的作用，另外，黄酮类化合物可通过破坏细胞壁及细胞膜的完整性，导致微生物细胞释放胞内成分引起膜的电子传递、营养吸收、核苷酸合成及 ATP 活性等功能障碍，从而抑制微生物的生长。黄酮类化合物对细菌的作用较强。甘草黄酮对突变链球菌有极强的抑菌作用，对白色念球菌、金黄色葡萄球菌等也有显著的抑菌作用。部分黄酮类化合物对黑曲霉、青霉、黄曲霉等霉菌也有抑制作用。

5. 其他作用

黄酮类化合物多呈黄色，同时又具有很宽的溶解特性，既有水溶性的黄酮类化合物，又有脂溶性的黄酮类化合物，所以完全可以据食品加工的需要而选择合适的黄酮类化合物作为着色剂。几乎所有黄酮类化合物都可作色素，但多数并不实用，已获准使用的主要有花青素和查尔酮类。有些黄酮类化合物具有增强食品风味的作用，如柚皮苷虽有苦味，但用在饮料以及高级糖果中却具有增强风味的作用。黄酮类化合物可以调节毛细血管透性，增强毛细血管壁的弹性，可防止毛细血管和结缔组织的内出血，从而建立起一个抗传染病的保护屏障。黄酮类化合物能抑制黑色素形成，具有美白、祛斑的功效，可用于在化妆品中。黄酮类化合物还具有止咳平喘祛痰及抗肝脏毒的作用。

（三）生物类黄酮的食物来源

动物不能合成类黄酮。类黄酮广泛存在于蔬菜、水果、谷物等植物中，并多分布于植物的外皮器官，即接受阳光多的部位。其含量随植物种类不同而异，一般叶菜类、果实中含量较高，根茎类含量较低。水果中的柑橘、柠檬、杏、樱桃、木瓜、李、越橘、葡萄、葡萄柚，蔬菜中的花茎甘蓝、青椒、莴苣、洋葱、番茄及饮料植物中的茶叶、咖啡、可可等含量较高。果酒和啤酒也是人们获取生物类黄酮的重要来源。

生物类黄酮的吸收、储留及排泄与维生素 C 相似，约 50% 可经肠道吸收而进入体内，未被吸收的部分在肠道被微生物分解随粪便排出，过量的生物类黄酮则主要由尿排出。生物类黄酮的缺乏症状与维生素 C 缺乏密切相关，若与维生素 C 同服极为有益。

（四）主要的生物类黄酮

生物类黄酮是近年来研究的一个热点，其中研究报道较多的有异黄酮、花青素和植物多酚。

1. 异黄酮（iso-flavones）

异黄酮属于类黄酮，它的侧苯基位于 3 位。主要存在于豆科、鸢尾科等植物中。研究较多的有大豆异黄酮及葛根异黄酮，大豆中天然存在的大豆异黄酮约有 12 种，可以分为 3 类，即染料木素（金雀异黄素；genistein），大豆黄素（daidzein）和黄豆黄素（glycitein），以游离型、葡萄糖苷型、乙酰基葡萄糖苷型、丙二酰基葡萄糖苷型等 4 种形式存在。葛根异黄酮及其衍生物包括葛根素（puerarin）、葛根甙（xylopuerarin）、葛根木糖甙（puerarin xyloside）、大豆黄素（daidzein）、大豆甙（daidzin）及大豆素 -4′,7 - 二葡萄糖甙。

（1）异黄酮的生理功能

①具有雌激素的作用

大豆异黄酮被称为植物雌激素，可缓解妇女更年期综合征，抑制引起内分泌紊乱化学物质（所谓环境激素）的作用，对与雌激素相关的一些病症如雌激素依赖型肿瘤等都有防治功效。

②防癌作用

大豆异黄酮对激素依赖性癌症有抑制作用,主要因为异黄酮在雌激素水平高的个体表现为抗雌激素作用(过剩的雌激素能刺激突变细胞转化为癌细胞,增加患乳癌前列腺癌等与雌激素有关的癌症的危险性)。当雌激素水平较高时由于异黄酮与其结构相似,所以能接合到细胞表面的雌性激素的受体上,减少了雌激素与受体结合的机会,从而降低雌激素的活性,减少了妇女因雌激素高水平患乳癌的危险性。大豆异黄酮还能抑制产生肿瘤关键酶的活性,从而抑制肿瘤的形成,并能使癌细胞正常化。

③防骨质疏松

大豆异黄酮对预防骨质疏松的作用主要是它的弱雌激素作用,临床上对绝经期后骨质疏松症的患者实施雌激素补充治疗,骨量的减少得到了明显的抑制,骨折发生率也明显降低;大豆异黄酮苷能改善妇女更年期障碍和骨质疏松症,因为异黄酮中的大豆苷源和染料木黄酮有助于骨的吸收。大豆异黄酮对钙的代谢也有重要影响,大豆异黄酮可以减少尿中钙的排泄。

④防止心血管疾病

大豆异黄酮作为抗氧化剂能够抑制脂蛋白的氧化,减少体内脂质的过氧化,从而抑制 LDL 的氧化,防止动脉粥样化。染料木素能增强抗氧化酶的活性,起到减少 LDL 氧化的作用。异黄酮还可有降低体内胆固醇和脂肪量、防止高血压及高血脂作用,可预防心血管疾病。

大豆异黄酮及葛根异黄酮均有扩冠、增加冠状动脉血流量及降低心肌耗氧量等作用,可防止心脏病。

⑤其他作用

大豆异黄酮有抗氧化、抑制酪氨激蛋白激酶活性及抑制真菌活性作用。葛根异黄酮大豆素则具有类似罂粟碱的解痉作用。大豆素和大豆甙均能缓解高血压患者的头痛症状。

(2)异黄酮的食物来源

大部分分布在豆类植物的种子中,尤其是大豆和豌豆中含量最丰富。人类饮食中的异黄酮主要来自豆类和豆制品,包括豆奶,豆腐,豆皮等。异黄酮也可来自其他植物如红三叶草、葛根等。大豆异黄酮的含量依大豆品种而异,大致在 1200 ~ 4200mg/kg,大豆分离蛋白中为 600 ~ 1000mg/kg,而豆腐及豆制品只有 500mg/kg。

2. 花青素(anthocyanins)

花青素是一类性质比较稳定的色原烯(chromene)的衍生物,分子中存在高度的分子共轭,而有多种互变异构式,如图 5—2 所示。

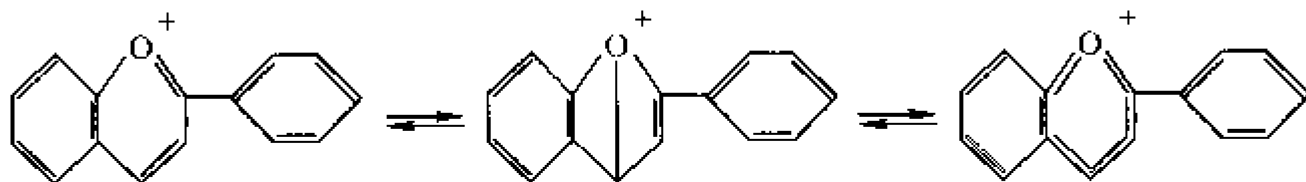


图 5—2　花青素化学结构异构式

植物中的花色素多在 C3 位有—OH,且常与葡萄糖、半乳糖、鼠李糖缩合成苷。由于花青素分子吡喃环上的氧原子是 4 价,所以花青素具有碱的性质;又有酚羟基而具有激的性质,在可见光下的颜色随 pH 环境而改变。此外,花青素易受氧化剂、维生素 C、温度等影响而变色,

如 SO_2 可漂白花青素并能改变其 pH。花色苷还能被酶解成糖和配基，以至褪色。

原花青素（proanthocyanidin，PC）是自然界中广泛存在的一大类多酚类化合物的总称，由不同数量儿茶素或表儿茶素结合而成的二聚体、三聚体直至十聚体，按聚合度大小通常将二聚体至四聚体称低聚体（OPC），将五聚体以上的称高聚体（PPC）。二聚体中因两个单体的构像或键合位置的不同，可有多种异构体，已分离鉴定的 8 种结构形式分别命名为 B1～B8，其中 B1～B4 由 C4→C8 键合，B5～B8 由 C4→C6 键合。在各类原花青素中二聚体分布最广，研究最多，是最重要的一类原花青素

花青苷具有抗氧化及清除自由基的功能，有降血清及肝脏中脂肪含量的作用。花青苷可抗变异及抗肿瘤，还具有抑制超氧自由基的作用，有利于人体对异物的解毒及排泄功能，可防止人体内的过氧化作用。

原花青素有很强的抗氧化性，可用于保护细胞 DNA 免遭自由基的氧化损伤，从而预防导致癌症的基因突变；可预防自由基对晶状体蛋白质的氧化，从而预防白内障的发生；可抑制诸如组胺、5－羟色胺、前列腺素及白三烯等炎性因子的合成和释放，具有抗过敏、抗炎作用；还可选择性地结合在关节的结缔组织上以预防关节肿胀，帮助治愈受损组织，缓解疼痛，因而对各种类型的关节炎效果显著。通过抗炎功效、自由基清除功效及结缔组织保护作用，对龋齿及牙龈炎具有预防和治疗作用。原花青素还可用于心血管的保护，包括降血压、降胆固醇及缩小沉积于血管壁上的胆固醇沉积物体积。原花青素还是一种抗皱美容产品，在欧美国家享有皮肤维生素或口服化妆品的美誉。其他功能作用还包括抗溃疡、预防老年性痴呆、治疗哮喘及前列腺炎等。如葡萄原花青素（grape procyanidins，GPC）是从葡萄中提取的一种天然植物多酚，具有抗氧化、清除自由基、抑制血小板聚集等多种生物学效应，并能减轻一些化学毒物对细胞的毒性作用，有极强的抗氧化活性；可对胶原酶、弹性酶、透明质酸酶和 β－葡糖醛酸苷酶产生强大的抑制作用，而这些酶可分别对胶原、弹性蛋白和透明质酸等构成血管内壁的重要物质造成破坏。而越橘中所含花青素是一种水溶性色素，可改善视觉并减少因老化产生的疾病。

3. 植物多酚

多酚（polyphenol）类常指黄酮类化合物及其苷类聚合而成的低聚或多聚体。这些物质都含有一定量的 R · OH 基，能形成有抗氧化作用的氢自由基（H ·），来清除超氧阴离子（O_2^- ·）和羟自由基（OH ·）等，从而保护组织免受氧化作用的损害，以增强免疫功能、抗癌、抗衰老、抗龋齿、抗菌和抑制胆固醇升高等作用。

不同植物中提取的多酚会有一些不同的生理功能，目前研究较多、时间较长的是茶多酚。茶多酚大量存在于茶叶中，占其干物质的 24%～38%，主要由黄烷醇（又称为儿茶素，约占多酚总量的 80%）、黄烷二醇（称花白素）、花青素、黄酮类、黄酮醇类、黄烷酮类、黄烷酮醇及酚酸类等组成。

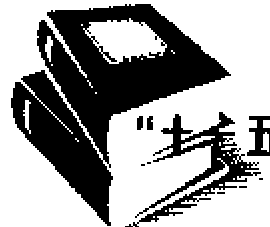
茶叶多酚的生理活性主要包括：

（1）抗氧化活性

茶叶多酚清除超氧阴离子的能力达 90%，优于常用的天然抗氧化剂维生素 C 和维生素 E。据日本奥田教授试验，其主体成分表没食子儿茶素没食子酸酯（EGCG）对脂肪的抗氧化作用为维生素 E 的 16.5 倍。

（2）保护心血管作用

茶叶多酚具有明显的降血清总胆固醇、降低 LDL－C 和升高 HDL－C 的作用，可明显降低



血浆和心肌组织中过氧化脂质的数量，有抗脂质过氧化和延迟脂褐质生成的作用。可加强谷胱甘肽氧化酶(GSH - Px)和超氧化物歧化酶(SOD)活性，对细胞膜和细胞器有保护作用。茶叶多酚通过调节血脂代谢、抗凝、促纤溶及控制血小板聚集，抑制小肠对胆固醇的吸收等，对动脉粥样硬化有独特的抑制效果。

(3)抗肿瘤作用

茶叶多酚的主体物质儿茶素具有明显的抑制黄曲霉毒素和苯并芘诱导的 V_{79} 细胞基因正向突变以及 AFB1 诱导的 V_{79} 细胞姊妹染色单体交换和染色体突变。茶多酚对丝裂霉素 C 的诱致突变性有明显的抑制效应。所以，茶多酚具有抗肿瘤的作用，对胃癌、皮肤癌、十二指肠癌、结肠癌、肝癌、胰脏癌、乳腺癌、前列腺癌及肺癌有抑制作用。

(4)其他作用

茶叶多酚还有抗变态反应和增强免疫功能的作用，其抗变态反应能力与公认的抗变态反应极为有效的甜茶相当。杨贤强用巨噬细胞吞噬功能实验测定茶多酚对机体非特异性免疫功能的影响，结果表明茶多酚使机体非特异性免疫功能大大提高。茶叶多酚除具有以上生物学作用外，还具有降血糖、防龋齿、防口臭、调节甲状腺、消炎、止泻、杀菌以及抗血液凝固等作用。

第三节　萜类化合物

萜类(terpenes)化合物构成最大类的天然植物产物，至今从植物中分离鉴定的已超过20000多种。萜类为异戊二烯首尾相连的聚合体及其含氧的饱和程度不同的衍生物，包括单萜、二萜、三萜、四萜及多聚萜等，萜类在自然界中分布广、种类多。常见的如挥发油、橄榄属植物来源的环烯醚萜类、二萜类、三萜皂甙及类胡萝卜素等的组分都属于萜类化合物。

一、单萜类(monoterpenes)

挥发油中的萜类成分主要是单萜和倍半萜类化合物，其中含氧的衍生物多半是医药、食品及香料工业的重要原料。如 α - 萜品醇有良好的平喘作用；芍药甙具有镇静、镇痛及抗炎活性；薄荷醇有弱的镇痛、止痒和局麻作用，亦有防腐、杀菌及清凉作用；青蒿素则是一种抗恶性疟疾的有效成分。

环烯醚萜类是一类呈苦味的单萜内酯化合物，广泛存在于被子植物。很多植物的环烯醚萜类化合物都具有一定的生理功能或医疗效果。研究显示，橄榄油中存在的开环—环烯醚萜及其降解产物，如酪醇、羟基酪醇，具有很强的抗氧化活性；此外，这些化合物还具有降血压效果、预防心血管疾病、抗微生物效果等。

二、二萜类(diterpenes)

二萜类化合物来自于异戊二烯单元，不经过复杂的结构修饰。它们具有很多与倍半萜类化合物相似的化学性质。二萜类化合物很少以糖苷形式存在，三葡萄糖苷甜菊苷是一个例外，该化合物具有非常之强的甜味，目前在一些国家已被批准为甜味剂。

与人体健康相关的二萜类化合物要属银杏来源的银杏萜内酯类物质，其最为突出的生理功能为血小板活化因子活性。它们不仅可影响血小板凝集和血栓形成，而且对缺血性损伤，特别是大脑缺血，具有很好的保护作用。此外，它们还具有一定的抗过敏、抗炎症等效果。

红豆杉醇(taxol)为二萜衍生物，是红豆杉 Taxus brevifolia 树皮的成分，具有抗白血病及抗肿瘤的活性。

三、三萜类(triterpenes)

三萜类化合物主要包括三萜皂甙类化合物和正三萜类化合物。三萜皂甙类化合物是皂甙类中的一类，它的配基或苷元，或称皂苷配基，是一类典型的五环化合物。皂甙类化合物具有广泛的生理活性，包括预防心血管疾病、抗肿瘤作用、增强免疫力和抗菌等，从医疗角度研究最为透彻而且最有前景的是人参来源的人参皂甙（见本章第四节）。

正三萜类化合物由四环三萜烯前体物质经氧化以及降解反应形成而来，主要包括类柠檬苦素和苦木素类。类柠檬苦素及苦木素二类化合物都是苦味很强的物质。柑橘中的苦味物质柠檬苦素是一种典型的类柠檬苦素化合物，具有较强的抗癌活性。黄柏酮是最为常见的类柠檬苦素化合物，它几乎存在于所有含类柠檬苦素化合物的植物。苦木素类具有显著的抗肿瘤活性，但具有一定的毒副效果。研究证实类柠檬苦素具有与苦木素类化合物相类似的抗癌活性，两者都可诱导谷胱甘肽 S－转移酶活性的增加，而且还可抑制化学致癌诱发肿瘤的效果。配基型类柠檬苦素化合物的抗癌活性要强于糖苷型，其抗癌活性可能与它们的呋喃结构相关。

四、类胡萝卜素(caroteoid)

类胡萝卜素是植物中广泛分布的一类脂溶性多烯色素，属于四萜类。已知的类胡萝卜素达600多种，颜色从红、橙、黄以至紫色都有。类胡萝卜素按其组成和溶解性质可分为胡萝卜素类和叶黄素类，胡萝卜素类包括α－胡萝卜素、β－胡萝卜素、γ－胡萝卜素、δ－胡萝卜素、ζ－胡萝卜素以及番茄红素等(如图5—3)，其中β－胡萝卜素是最为常见的一种，在体内可转化为维生素A，为维生素A原；叶黄素则是胡萝卜素的加氧衍生物或环氧衍生物，食品中常见的有叶黄素、玉米黄素、隐黄素、辣椒红素和虾黄素等。按类胡萝卜素结构可分为3大类，即无环化合物如番茄红素，单环化合物如γ－胡萝卜素及双环化合物如α－胡萝卜素和β－胡萝卜素。

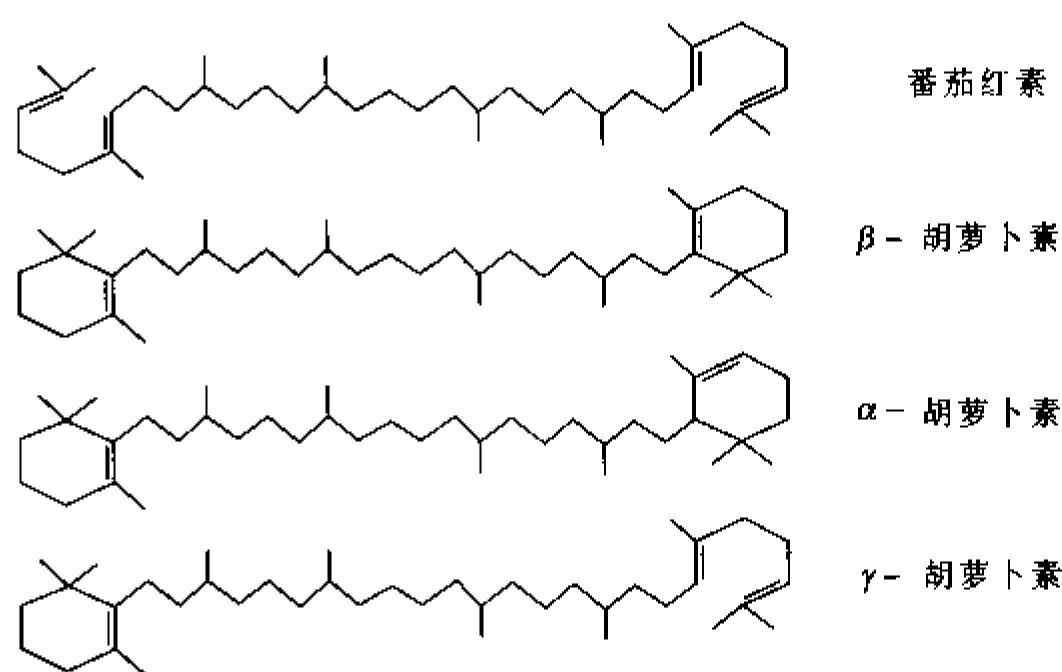


图5－3　主要胡萝卜素的结构



(一)类胡萝卜素的生理功能

1. 抗氧化作用

类胡萝卜素是一类在自然界中广泛分布的生物来源的抗氧化剂,可有效猝灭单线态氧、清除过氧化自由基,在以卵磷脂、胆固醇组成的脂质体系统中,可抑制脂质过氧化的发生,明显减少丙二醛的生成。类胡萝卜素猝灭单线态氧的能力随分子中共扼双键数目的增加而增强,其中的番茄红素虽没有维生素A的活性,但却是一种强有力的抗氧化剂,其抗氧化能力在生物体内是β-胡萝卜素的2倍以上,消除单线态氧的速率是维生素E的100倍,可保护人体免受自由基的损害。

2. 增强免疫功能和预防肿瘤

类胡萝卜素可增强机体的特异性及非特异性免疫功能,保护吞噬细胞免受自身的氧化损伤,促进淋巴细胞的增殖,可增强巨噬细胞、细胞毒性T细胞和天然杀伤细胞杀伤肿瘤的能力,以及促进某些白介素的产生。研究表明,类胡萝卜素的免疫调节作用与有无维生素A活性无关,虾青素表现出更强的免疫调节作用,同时还发现虾青素等类胡萝卜素均能显著促进抗体产生。类胡萝卜素能抑制肿瘤的发生和生长,还通过增强细胞间隙联络通信的作用来预防肿瘤。所以,类胡萝卜素能抑制致癌物诱发的肿瘤转化,具有抗癌作用。如番茄红素能有效地预防前列腺癌,对子宫癌细胞的抑制作用显著高于β-胡萝卜素,对预防和治疗心血管疾病、动脉硬化和肿瘤以及增强免疫系统具有重要的意义。β-胡萝卜素可预防应激诱发的胸腺萎缩和淋巴细胞下降,增强对异体移植的排斥反应,促进T淋巴细胞和B-淋巴细胞增殖,维持巨噬细胞抗原受体的功能及增强中性细胞杀死假丝酵母,并促进病毒诱发肿瘤的退化。α-胡萝卜素和β-胡萝卜素均可增强自然杀伤细胞对肿瘤细胞的溶解,在抗癌效果上α-胡萝卜素优于β-胡萝卜素,高含量的α-胡萝卜素可阻止癌细胞的增殖,而相等量的β-胡萝卜素只产生中度的效果。

3. 预防眼病、心血管疾病及其他

饮食中的类胡萝卜素可以降低白内障疾患的危险性,并能预防眼底黄斑性病变。β-胡萝卜素及番茄红素可有效阻断低密度脂蛋白的氧化,减少心脏病及中风的发病率。叶黄素具有抵御游离基在人体内造成的细胞与器官损伤,从而可防止机体衰老引发的心血管硬化、冠心病和肿瘤疾病。番茄红素还是血清中与老化疾病相关的微量营养素,可抑制与老化相关的退化疾病,有抗衰老的作用。番茄红素还具有清除毒物如香烟和汽车废气中有毒物质的作用。

此外,类胡萝卜色素还具有其他的一些生理功能,如栀子黄色素有镇静、止血、消炎、利尿、退热的药效等。

(二)类胡萝卜的摄入量及食物来源

人体对β-胡萝卜素具有很强的忍受力,至今未发现有副作用。例如,长期高剂量口服30~40mg/d可引起皮肤发黄,但无害。

类胡萝卜素广泛分布于绿叶菜和橘色、黄色蔬菜及水果中,藻类特别是一些微藻是天然类胡萝卜素的重要来源,一些微生物也能合成,但动物体内不能合成类胡萝卜素,其体内的蓄积来源于植物界。

第四节 皂苷类化合物

皂苷(saponins)是甾族化合物或三萜类化合物的低聚配糖体总称。它广泛存在于植物界以及某些海洋生物中，此类化合物具有降低表面张力的能力，类似于肥皂的性质。它们在水溶液中可形成泡沫，而且还可引起血液红细胞的溶解。根据皂苷元的结构分为三萜皂苷和甾体皂苷两大类。三萜皂苷元的结构可分为五环三萜和四环三萜两类，其中以五环三萜皂苷元为最常见。

一、皂苷的主要生理活性

1. 防治心血管系统疾病的作用

大豆皂苷、苦瓜皂苷能显著降低血浆中胆固醇的含量，大豆皂苷可以抑制血清中脂类的氧化，抑制过氧化脂质的生成，并降低血中胆固醇和甘油三酯的含量，且抑制过氧化脂质对肝细胞的损伤；大豆皂苷能通过自身调节提高超氧化物歧化酶(SOD)的活性，清除自由基，减轻自由基造成的DNA损伤，促进修复。三七皂苷具有较强的抗脂质过氧化作用，能显著降低血脂及脂质过氧化终产物，对防止动脉粥样硬化具有一定防治作用。大豆皂苷能抑制纤维蛋白的聚集，抑制血小板聚集，调节机体溶血系统，具有抗血栓作用。

2. 抗肿瘤作用

皂苷有较强的抑制肿瘤细胞生长作用。大豆皂苷、柴胡皂苷、三七皂苷、人参皂苷Rh2等均可通过直接杀伤肿瘤细胞、抑制肿瘤细胞生长或转移、诱导肿瘤细胞凋亡或诱导肿瘤细胞分化使其逆转、增强和刺激机体免疫功能等多种方式起到抗肿瘤作用。

3. 抗炎症作用

柴胡皂苷具有显著的抗炎作用，对多种炎症过程包括炎性渗出、毛细血管通透性升高、炎症介质释放、白细胞游走和结缔组织增生等均有抑制作用。三七皂苷对多种原因引起的血管通透性增加有明显的抑制作用，具有较强的抗炎功效。

4. 增强免疫系统功能

柴胡皂苷、三七皂苷、苦瓜皂苷、人参皂苷Rh1等具有明显的免疫调节功能，能引起巨噬细胞显著聚集、激活巨噬细胞吞噬，并通过刺激T淋巴细胞和B淋巴细胞参与机体免疫调节，增强机体非特异性和特异性免疫反应。大豆皂苷能增强脾细胞对白细胞介素的反应性。

5. 抗菌和抗病毒作用

柴胡皂苷具有抑制大肠杆菌、伤寒杆菌、副伤寒疫苗或酵母液等的作用。大豆皂苷具有广谱的抗病毒能力，对多种病毒能起到抑制作用，如单纯疱疹病毒，柯萨奇病毒的复制，人类艾滋病(AIDS)病毒等。

6. 对神经系统的影响

人参总皂苷和三七皂苷能兴奋中枢神经，提高脑力和体力，表现出抗疲劳性和显著增强学习和记忆的能力。三七皂苷、柴胡皂苷和酸枣仁皂苷有显著镇静安神作用，三七皂苷和绞股蓝皂苷有镇痛作用。

7. 降低血糖的作用

苦瓜皂苷具有降血糖作用，其作用缓慢而持久，可能有类似胰岛素的作用。人参总皂苷及

其单体Rb2可抑制肝中葡萄糖-6-磷酸酶而刺激葡萄糖激酶的活性,对实验性糖尿病小鼠和大鼠均有明显的降糖作用。

此外,大豆皂苷对治疗肥胖也有一定疗效。常春藤中的皂苷常春藤素还具有杀精及抗生育作用。人参皂苷可增加肾上腺皮质激素的分泌,使肾上腺重量增加,也是一种非特异性酶的激活剂,可激活兔肝中黄嘌呤氧化酶。

二、皂甙的食物来源

皂苷广泛存在于植物中,如豆类、枇杷、茶叶等,在豆类中的含量从高到低依次为青刀豆、豇豆、赤豆、黄大豆、绿大豆、黑大豆、扁豆、四季豆及绿豆。皂苷作为保健食品的新资源来开发利用的中草药有:人参、西洋参、茯苓、甘草、山药、三七、罗汉果及酸枣仁等苷。海洋生物海参、海星和动物中亦含有皂苷。

第五节　磷脂和胆碱

一、磷脂

磷脂(phospholipides)是一类含磷酸根脂质的总称,是动植物中细胞膜、核膜、质体膜的基本成分,也是生命的基础物质之一,具有重要的营养和医用价值。

磷脂按来源分为植物磷脂和动物磷脂,植物磷脂源主要来源于大豆,而动物磷脂源主要来源于蛋黄。磷脂又可以分为多种类型,包括卵磷脂、脑磷脂、肌磷脂和丝氨酸磷脂等,以卵磷脂(lecithin)最为重要,它是甘油三酯中的一个脂肪酸被一个磷酸胆碱基团取代而成,具有亲水和亲油的双重性质。

除了磷脂的表面活性外,磷脂的另一重要特性是其生理活性,磷脂是一种重要的生命物质,是细胞膜的构成物质之一,起着代谢作用和结构形成作用。磷脂的这种作用与磷脂的亲水和亲油的双重性质密切相关。

磷脂的营养保健功能主要有:

1. 对人体具有调节代谢、增强体能的功能

卵磷脂是构成细胞不可缺少的重要成分之一,卵磷脂能有效地增强细胞功能,提高细胞的代谢能力、增强细胞消除过氧化脂质的能力,及时供给人体所需能量。人体在高强度体力活动及大运动量运动中,肌肉细胞依赖卵磷脂的信息传递和物质传递功能获得所需要的营养和能量并排除体内代谢物,人体食用卵磷脂后会明显感觉到精力充沛、身体轻松、不易疲劳。

2. 消除脑疲劳及提高人体记忆力的功能

人体大脑中磷脂类物质所占比重高达30%左右,它们在人类智力活动中承担着信息传递的重要功能。磷脂是人体所需胆碱、肌醇的主要来源,胆碱可以随血液循环送入大脑,在乙酰化酶的作用下与人体内的乙酰辅酶A反应,生成乙酰胆碱,可促使细胞活化,从而提高人体的反应能力、记忆和智力水平。卵磷脂可提高大脑中乙酰胆碱浓度,乙酰胆碱起着兴奋大脑神经细胞的作用。所以大脑内乙酰胆碱的数量越多,记忆、思维的形成也越快,从而可使人保持充沛的精力和良好的记忆力。

3. **降低血液胆固醇、调节血脂及防止动脉粥样硬化的功能**

卵磷脂具有优良的油水亲和性能，能溶解人体血液中和血管壁上的脂溶性物质、甘油三酯及胆固醇硬块，使之变成细小微粒，增加血液的流动性和渗透性，降低血液粘度，使其顺利通过细胞的新陈代谢排出体外，从而减少脂肪沉积在血管壁上造成动脉粥样硬化。卵磷脂富含的多不饱和脂肪酸可以阻断小肠对胆固醇的吸收，促进胆固醇排泄。同时卵磷脂也是高密度脂蛋白（HDL）的主要成分，在胆固醇的运送、分解及排泄过程中起着“清道夫”的作用。大量医学研究证明，增加人体中卵磷脂的含量，可用来降低血液中的胆固醇和甘油三酯，有效地防治动脉粥样硬化及高血脂引起的心脑血管疾病。

4. **保护人体肝脏，防治脂肪肝的功能**

磷脂中的胆碱对人体的脂肪代谢有着重要的作用，若人体内胆碱不足，就会影响脂肪代谢，造成脂肪在肝脏内积聚，逐渐形成脂肪肝。食用足量的卵磷脂，可以防治脂肪肝，促进肝细胞再生，还可降低血清胆固醇含量，有助于肝功能的恢复，对于防治肝硬化有着较好辅助疗效作用。卵磷脂的这种调节血脂功能，对防治脂肪肝，保护肝脏以及对过量饮酒造成的慢性肝脏病变也有良好的防治效果。

5. **防治胆结石的功能**

胆囊中胆汁的主要成分是胆酸、胆固醇和磷脂。人体胆汁中磷脂含量过低，会造成胆囊内胆固醇沉淀而形成结石。经常食用足量的富含磷脂的食品，不但能防止胆结石的形成，而且还能使已经形成的结石部分溶解，使胆囊恢复正常生理功能。

6. **防治老年骨质疏松症的功能**

卵磷脂消化吸收后，在人体内释放出磷酸。磷酸与人体内的钙结合可以形成磷酸钙，有利于人体骨质的生长，老年人经常食用足量的富含磷脂食品，可以促进钙质的吸收和利用，改善和防治老年骨质疏松症。

二、胆碱

胆碱（Choline）即氢氧化羟乙基三甲铵、β－羟乙基三甲基氢氧化铵，是维生素B族中的一种（以前被称作维生素 B_4），是亲脂性的维生素（可乳化脂肪）。磷脂是生命的基础物质之一，而胆碱是卵磷脂和鞘磷脂的关键组成部分。在机体内，磷脂和胆碱的作用互相交叉，磷脂的很多重要生理功能离不开分子上的胆碱基团，而胆碱的部分生理功能又依赖于磷脂分子。一般胆碱可以游离态或许多细胞组分的一个构成成分存在于生命活体中，这些细胞组分都包括磷脂酰胆碱（膳食中胆碱最主要的来源）、鞘磷脂（神经）和乙酰胆碱。

（一）胆碱的生理功能

1. **细胞的组成成分**

胆碱能够形成和维持细胞结构，是磷脂的组成分，如卵磷脂、神经磷脂和某些原生质。

2. **促进肝脏中的脂肪代谢作用**

胆碱可促成肝脏脂肪以卵磷脂形式被输送或者提高脂肪酸本身在肝脏内氧化利用，从而防止脂肪在肝脏里的反常积聚。

3. **降低胆固醇**

胆碱和肌醇一起合作来进行对脂肪与胆固醇的利用，控制胆固醇的积蓄。胆碱似乎可乳

化胆固醇,避免胆固醇积蓄在动脉壁或胆囊中。

4. 通过形成乙酰胆碱来传递神经脉冲

胆碱作为合成乙酰胆碱的前体,在交感神经脉冲传导中起着重要作用。胆碱是少数能穿过"脑血管屏障"的物质之一。这个"屏障"保护脑部不受日常饮食改变的影响。但胆碱可通过此"屏障"进入脑细胞,制造帮助记忆的化学物质。帮助传送刺激神经的信号,特别是为了记忆的形成而对大脑所发出的信号。补充胆碱可提高皮层、海马、下丘脑中枢乙酰胆碱含量。研究表明,通过补充胆碱,使脑内中枢乙酰胆碱合成增加,可以缓解老年性痴呆病情。

5. 不稳定甲基的供源

所谓不稳定甲基是指在体内从一种化合物转移到另一种化合物的甲基,亦称活性甲基。由高半胱氨酸转换成基础氨基酸蛋氨酸,和由胍基乙酰形成肌酸都需要提供甲基。胆碱作为活性甲基的主要来源之一,在其中发挥重要作用。

(二)胆碱缺乏症及正常需要

胆碱缺乏首先是脂肪代谢障碍,容易发生肝脏脂浸润。其次可能引起肝硬化、肝脏脂肪的变性、动脉硬化,也可能是引起老年痴呆症的原因。

胆碱的建议每日摄取量还未确定。但是,成人一天的饮食中应含有500~900mg的胆碱。摄取胆碱时要和其他的B族维生素同时摄取。

(三)胆碱的食物来源

胆碱广泛地存在于食物中,一般可通过摄入富含胆碱的食物,如蛋类、动物的脑、动物心脏与肝脏、绿叶蔬菜、啤酒酵母、麦芽、大豆卵磷脂等来获取。除了动物的肝脏外,胆碱在蛋黄中的含量最高,一般以卵磷脂、乙酰胆碱的形式存在,其次为红肉和奶制品中的含量高。而膳食结构平衡是保证摄入足够胆碱的最好方法。由于胆碱对热稳定,所以在加工、烹饪、储藏中几乎无损失。胆碱也以天然的化合物形式存在于许多食物中。

第六节 有机硫化合物

一、异硫氰酸盐

异硫氰酸盐(isothiocyanates,ITS)通常以葡萄糖异硫氰酸盐的形式存在于十字花科蔬菜如白菜、卷心菜、西兰花、菜花、芥菜和萝卜等中,是一大类含硫的糖苷。在无黑芥子硫苷酸酶作用、未加工和未经咀嚼前,葡糖异硫氰酸酯仍保持完好,而在黑芥子硫苷酸酶作用下则释出葡糖及包括异硫氰酸酯在内的其他分解产物。体外试验表明异硫氰酸酯等是Ⅱ相酶的强诱导剂,而体内外实验均表明异硫氰酸酯还抑制有丝分裂、诱导人类肿瘤细胞凋亡,可阻止大鼠肺、乳腺、食管、肝、小肠、结肠和膀胱癌的发生,其作用大小与ITS的结构有关。

葡糖异硫氰酸酯会在蔬菜的储存过程中增加或减少,也可在加工过程中分解或浸出,或因加热黑芥子硫苷酸酶失活而得到保护。人体摄入后可在小肠中经植物黑芥子硫苷酸酶或结肠细菌分解的黑芥子硫苷酸酶作用分解。异硫氰酸酯可被小肠和结肠吸收,人体摄入十字花科蔬菜2~3h后可从尿中检出其代谢产物。要开发利用十字花科蔬菜的保健作用还需要深入研

究葡糖异硫氰酸酯的化学和代谢以及在整个食物链中的变化。

二、烯丙基二硫化合物

大蒜(*Allium sativum*)、洋葱(*Allium cepa*)等葱属(*Allium*)蔬菜除强抗菌作用外,还有消炎、降血脂、降血糖、抗血栓形成,抑制血小板聚集,提高免疫力和防癌的功能,其主要有效成分是多种烯丙基二硫化合物,也是这类食物主要的风味成分。大蒜的主要活性物质为二烯丙基硫代磺酸酯、二烯丙基二硫化合物、S-烯丙基甲基硫代磺酸酯、甲基烯丙基二硫化合物、二烯丙基硫醚等有机硫化合物成分,均来自γ-谷氨酰半胱氨酸(γ-glutamylcysteine)。洋葱的含硫化合物主要为烷基半胱氨酸硫氧化物(ACSOs),在组织受伤时ACSOs在蒜氨酸酶作用下水解产生α-亚氨基丙酸和S-烷基半胱氨酸次磺酸,产生特有的刺激性味道并最终形成一个含50多种含硫化合物的混合物,包括硫代亚磺酸酯、硫代磺酸盐、单硫化物、双硫化物、三硫化物以及一些特殊化合物如催泪因子、硫代丙烷硫氧化物。

烯丙基硫化合物有重要的生理功能,包括:可通过对Ⅰ相酶、Ⅱ相酶、抗氧化酶的选择性诱导作用来抑制致癌物的活性,达到抗癌作用;可与亚硝酸盐生成硫代亚硝酸酯类化合物,阻断亚硝胺合成,抑制亚硝胺的吸收;可使瘤细胞环化腺苷酸(cAMP)水平升高,抑制肿瘤细胞的生长;可激活巨噬细胞,刺激体内产生抗癌干扰素,增强机体免疫力;杀菌、消炎、降低胆固醇、预防脑血栓、冠心病等。

三、二甲基砜

早在1985年就有人提出二甲基砜在食品和和医药方面应用的专利,以后陆续报道二甲基砜在食品和医药方面的研究,表明其作为饮食营养补充剂,对许多疾病有很好的辅助效果。二甲基砜可作为胃肠疾病的保健补充食品,用于胃酸过多、腹泻和便秘等;可作为风湿性关节炎保健补充食品,因为研究发现关节炎患者软骨含硫量只有正常人软骨含硫量的1/3,补充胱氨酸可减少关节炎患者康复,而胱氨酸中的硫来自二甲基砜。美国、加拿大等国市场已有二甲基砜、葡萄糖胺硫酸盐和硫酸软骨素组成的膳食补充剂作为关节炎治疗辅助食物;二甲基砜可作为抗过敏补充食品,每日饮食中加入100~1000mg就可消除或减轻对海产品、药物或某些食物(如谷类、奶类)的过敏反应;可作为谷胱甘肽硫的来源而用作免疫调节保健食品;可作为皮肤治疗药剂、用于配制皮肤湿润剂、治疗皮炎和皮肤癌;其他还可用在哮喘、肌腱炎、肌肉痉挛、背部疼痛、增加体力、促进血液循环、加速伤口愈合等。二甲基砜是保健食品和相关医药的重要原料。

海洋生物、植物、动物和人体均含有二甲基砜,二甲基砜是人体、动物等合成蛋氨酸、胱氨酸、蛋白以及含硫组织中硫的主要供应源之一,生命体的含硫组织中有85%的硫是由二甲基砜、二甲基亚砜同系物提供。但由于许多食物在运输、贮存中二甲基砜会损失,更主要是在人们食用时进行热加工过程的损失,使许多人无法从饮食中获得新陈代谢所需数量的二甲基砜,而引起某些健康问题。目前,二甲基砜可以二甲基亚砜为原料,在紫外线照射下氧化合成、氧化氮氧化合成或双氧水氧化合成。二甲基砜在生物体内毒性类似于水,LD_{50}大于20g/kgBW,可以认为是无毒物。其合成原料二甲基亚砜LD_{50}为18g/kgBW,也属无毒物。美国、加拿大等国已提供以二甲基砜为主的膳食补充剂,以补充饮食的不足。但我国至今未见含二甲基砜食品、保健品和医药品等出售。

四、其他有机硫化合物

食物中其他有机硫化合物还有牛磺酸和金属硫蛋白以及硫辛酸(本书前文已介绍,此略)。

第七节 生物碱

生物碱(alkaloid)是一类存在于生物界(主要是植物)中,大多具显著生物活性的碱性化合物。生物碱的化学结构通常含有一个作为杂环部分的氮原子。

生物碱广泛分布于植物界约100余科的植物中,其中以双子叶植物为多,其次为单子叶植物、裸子植物与蕨类植物。同一科属或亲缘关系相近的植物中往往含有相同或相似的生物碱,同一种生物碱也可分布于不同科中。生物碱可存在于植物体内各个器官中,同种植物中所含生物碱常不止一种,有的可含数种至数十种,如罂粟约含25种生物碱。

生物碱是生药中一类重要的有效成分,目前已分离到10 000余种,其中80余种已用于临床,如黄连中的小檗碱用于抗菌消炎,喜树中的喜树碱与长春花中的长春新碱用于抗肿瘤等。植物中生物碱的含量大多低于1%,生物碱一般与有机酸(苹果酸、枸橼酸、酒石酸等酸和鞣酸等)结合成盐类,呈溶解状态存在于液泡中,有些是与糖结合成甙而存在,也有少数生物碱是呈游离状存在的,如咖啡碱与秋水仙碱等。常见的嘌呤类生物碱有咖啡碱、茶叶碱和可可碱,结构式如图5—4所示:

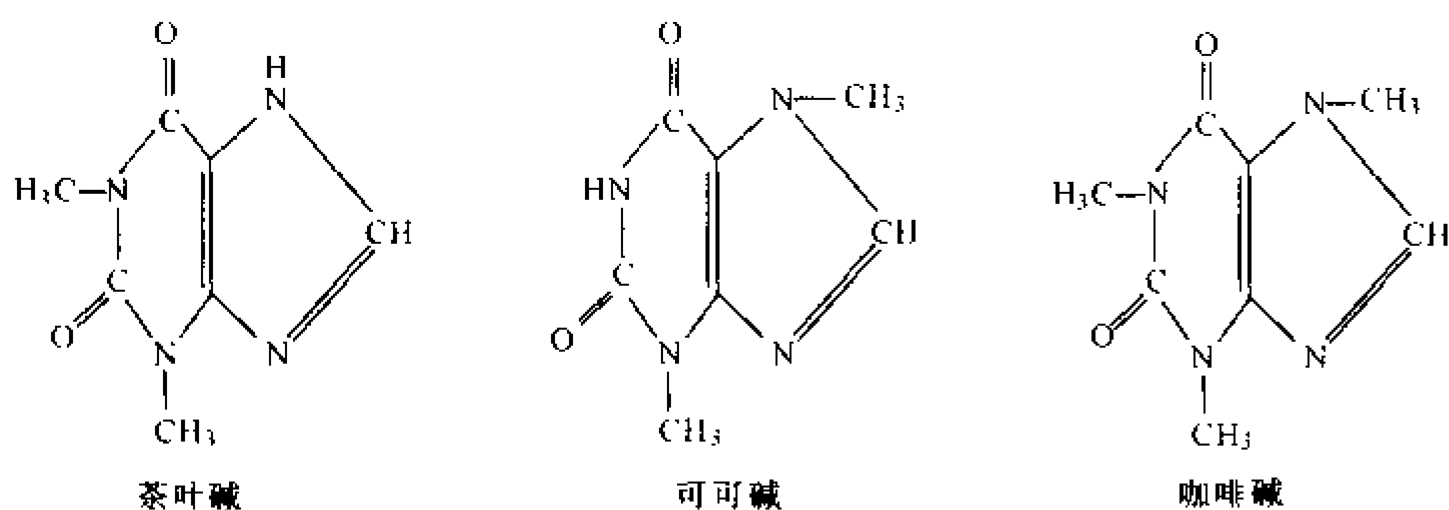


图5—4 咖啡碱、茶叶碱和可可碱的化学结构式

一、咖啡碱(caffeine)

咖啡碱是一种甲基黄嘌呤,最基本的生理功能就是对腺膘呤受体的竞争性拮抗作用。咖啡碱常与解热镇痛药配伍以增强其镇痛效果,与麦角胺合用以治疗偏头痛,与溴化物合用以治疗神经衰弱。

(一)咖啡碱主要的功能特性

1. 对中枢神经系统的兴奋作用

咖啡碱是中枢神经系统的兴奋剂,主要作用于大脑皮质,使精神振奋,工作效率和精确度

提高,睡意消失,疲乏减轻。较大剂量能兴奋下级中枢和脊髓。

2. 助消化,利尿

咖啡碱可以通过刺激肠胃,促使胃液的分泌,从而增进食欲,帮助消化。咖啡碱可以直接影响胃酸的分泌,也能够通过刺激小肠分泌水分和钠。咖啡碱的利尿作用是通过肾促进尿液中水的滤出率而实现的。此外,咖啡碱的刺激膀胱作用也协助利尿。茶咖啡碱的利尿作用也有助于醒酒,解除酒精毒害。因为茶咖啡碱能提高肝脏对物质的代谢能力,增强血液循环,把血液中的酒精排出体外,缓和与消除由酒精所引起的刺激,解除酒毒;同时因为咖啡碱有强心、利尿作用,能刺激肾使酒精从尿液中迅速排出。

3. 强心解痉,松弛平滑肌

咖啡碱具有松弛平滑肌的功效,从而可使冠状动脉松弛,促进血液循环。据研究,如果给心脏病人喝茶,能使病人的心脏指数、脉搏指数、氧消耗和血液的吸氧量都得到显著的提高。这些主要是与咖啡碱的松弛平滑肌的作用密切相关。

4. 影响呼吸

咖啡碱对于呼吸的影响主要是通过调节血液中咖啡碱的含量而影响呼吸率。咖啡碱已经被用作防止新生儿周期性呼吸停止的药物,主要由于咖啡碱刺激脑干呼吸中心的敏感性,从而影响二氧化碳的释放。此外,在哮喘病人的治疗中,咖啡碱已被用作一种支气管扩张剂。

5. 对心血管的影响

咖啡碱可以引起血管收缩,但对血管壁的直接作用又可使血管扩张。它可直接兴奋心肌,使心动幅度、心率及心输出量增高。长期摄入,可能会导致人体对咖啡碱的耐受性。长期摄入咖啡碱,最终被认为对血压的影响很小,甚至没有影响,但是许多研究也表明,不合理的摄入对血压的升高有促进作用,有造成高血压的危险性,甚至会对整个心血管系统造成危害。

除了上述药理功能以外,咖啡碱还有如影响代谢、月经周期、记忆、睡眠及消炎等许多功能。

(二)咖啡碱的食物来源及安全性

由于咖啡碱存在于咖啡、茶、碳酸饮料、巧克力和许多处方与非处方药物中,这就使得它成为一种较普通的、具有兴奋性的食物和药物。世界上80%以上的成年人或多或少地摄入咖啡碱。

咖啡碱是一种在人体内迅速代谢的化合物,半衰期1.5~4.5h。在正常的饮用剂量下,咖啡碱对人体无致突变等副作用。咖啡碱是安全范围较大、不良反应轻微的药物和食品添加剂,使用过量(>400mg)会出现失眠、呼吸加快和心动过速等。长期饮用产生轻度成瘾,一旦停用可表现短期数日头痛或不适。摄入中毒剂量可引起阵挛性惊厥。但通过日常饮食摄入中毒剂量在事实上不可能。我国一直把咖啡碱列为药物,未规定最高允许用量,FAO/WHO(1984)则规定最高允许用量为200mg/kg。

二、茶碱和可可碱

(一)茶碱(theophylline)及其功能作用

茶碱早在1937年就开始用于临床治疗心力衰竭,该药被认为有极强的舒张支气管平滑肌

的作用,可用于支气管喘息的治疗。

由于茶碱在水中溶解度较低,不易吸收,对胃肠道有刺激作用,在临床上一般制成其衍生物氨茶碱、单氢茶碱、胆茶碱或茶碱乙醇胺等,以提高水溶性。

茶碱的生理功效包括:

1. 治疗哮喘作用

茶碱在治疗哮喘方面除能扩张支气管作用外,还有以下功能:①利尿,增加心排血量;②改善气道黏膜的纤毛清除作用;③增加呼吸肌特别是膈肌的收缩力,改善通气,防止呼吸肌衰竭;④抑制炎细胞的介质释放;⑤抑制微循环血管的通透性。这些性能对哮喘病人均有治疗作用。茶碱药物治疗哮喘的作用的机理是抑制磷酸酯酶而升高细胞内 CAMP 的作用,从而使支气管平滑肌舒张,抑制强力的缩支气管介质腺苷的作用,并促进内源性儿茶酚胺的释放。茶碱有减低由组胺和乙酰胆碱引起的气道迟发反应作用。

2. 茶碱的抗炎作用

茶碱能对抗前列腺素对血管平滑肌的作用。茶碱可以干扰炎症细胞因子——肿瘤坏死因子 - α(TNF - α)的活性,并能抑 TNF - α 诱发的气道炎症。茶碱能减轻哮喘病人经支气管抗原激发引起的迟发反应,哮喘的迟发反应伴有气道炎症,茶碱可减轻支气管黏膜血浆渗出,减轻支气管痉挛,减轻迟发反应时白细胞数和减轻黏膜水肿。

此外,茶碱还对肥大细胞释放过敏介质的过程有一定的抑制作用。茶碱每日服用量在 400 mg 以内是安全的。

(二)可可碱(theobromine)

可可中的可可碱也存在于茶叶中,但没有以上效果。当前对可可碱的利用多是对其进行必要的修饰,如水杨酸钙可可碱、乙酸钠可可碱和己酮可可碱。已发现己酮可可碱可减轻血小板激活因子致离体豚鼠肺通透性水肿。己酮可可碱还可通过作用于白细胞,降低白细胞对内皮细胞的黏附作用数量。

三、其他生物碱

桑叶在我国是一种药食两用的植物,研究发现,桑叶来源的一种称之为"1 - 脱氧野尻霉素"(1 - DNJ)的生物碱有显著降血糖效果,其抑制血糖上升的作用机制是它可作为很多糖苷酶的抑制剂,从而相对地抑制了消化道对糖的吸收。此外,1 - DNJ 还有保持胆固醇低下、抑制肠内有害细菌繁殖、改善通便效果、预防癌症效果、抑制形成脂肪从而达到减肥效果、抑制血栓形成、抑制体内过氧化物形成等生理功能。

第八节 其他功能因子

一、茶氨酸

茶氨酸(theanine)是1950年日本学者酒户弥二郎首次从绿茶中分离并命名的,是茶树体

内特有的氨基酸，属酰胺类化合物。化学上系统命名为 N－乙基－γ－L－谷氨酰胺（N－ethyl－γ－L－glatamine），其结构如图5—5所示。

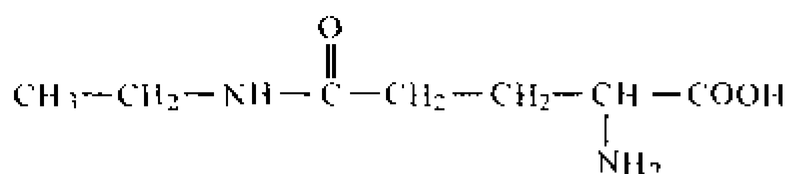


图5—5 茶氨酸的化学结构式

茶氨酸占茶叶干重的1%～2%，极易溶于水，水解度微酸性，有焦糖香及类似味精的鲜爽味，其含量与绿茶的品质密切相关。

茶氨酸的生理功能包括：促进大脑功能和神经的生长；预防帕金森氏症、老年痴呆症及传导性神经功能紊乱等疾病；增加肠道有益菌群和减少血浆胆固醇；降压安神、改善睡眠和抗氧化等作用。茶氨酸对咖啡碱有拮抗作用，超过1740mg/kg的茶氨酸能明显地抑制由咖啡碱引起的神经系统兴奋，抵消咖啡碱导致的睡眠时间减少。茶氨酸具有抗低密度脂蛋白的氧化作用；茶氨酸对先天性高血压患者具有降压作用；茶氨酸具有抗焦虑的作用；茶氨酸还具有抗癌作用。当将茶氨酸与抗癌药阿霉素（Doxorubicin）同时使用时，增强了阿霉素抗癌的功效，茶氨酸提高抗癌药阿霉素（DOX）抗癌活性的途径，是通过抑制肿瘤细胞中谷氨酸盐的传输而提高了DOX在肿瘤细胞中的浓度。

同其他氨基酸一样，L－茶氨酸在肠道吸收，其代谢部位是肾脏，一部分在肾脏被分解为乙胺和谷氨酸后通过尿排出体外，另一部分直接排出体外。

茶氨酸富含于茶、茶梅、油茶、红山茶及其几种植物中，其性质较稳定，耐热耐酸，通常的食品加工、杀菌过程不会影响茶氨酸性质。

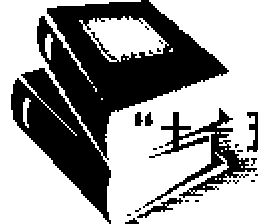
二、二十八烷醇

二十八烷醇（phytosterols）是天然存在的高级醇，是一种抗疲劳活性物质，应用极微量就能显示出其活性作用，安全性极高。二十八烷醇在自然界存在极为广泛，几乎遍及一切生物。一般以蜡酯形式存在于自然界中，主要存在于蔗蜡、糠蜡、小麦胚芽油、蜂蜡及虫蜡等天然产物中。

二十八烷醇的生理功能包括：①增强体力、精力和耐力；②提高应激能力、反应灵敏性和机体代谢率；③改善心肌营养和机体氧利用率，能降低缺氧的发生率，帮助身体使其在压力状态时更有效率地运用氧气，增强对高山反应的抵抗力；④降低血清胆固醇和甘油三酯含量，抑制胃溃疡，抗凝血作用，保护肝脏，降低收缩期血压等。

三、植物甾醇

植物甾醇类（phytosterols）是以环戊烷全氢菲为骨架（又称甾核）的一种物质，包括植物甾醇及酯、植物甾烷醇（phytostanol）及酯，有豆甾醇、菜油甾醇、β－谷甾醇等。在自然界中以游离态和结合态形式存在，以结合态存在的有甾醇酯、甾醇糖苷、甾醇脂肪酸酯、甾醇咖啡酸酯等。植物甾醇是一种重要的天然活性物质，目前主要用于合成甾体药物。



(一)植物甾醇的生理功能

植物甾醇对人体有重要的生理功能。可竞争性阻碍小肠吸收胆固醇,有降胆固醇和预防心血管疾病的功能。很多研究报告指出,经常食用植物甾醇含量高的植物油可有效调节血脂和降胆固醇。甾醇是降血脂用药物类固醇的原料,和其他药物复配的谷甾醇片有良好的降血脂和血清胆固醇作用。甾醇对预防和治疗冠状动脉硬化类心脏病、治疗溃疡皮肤鳞癌也有明显功效。

谷甾醇具有类似阿司匹林的退热作用,对克服由角叉胶在鼠身上诱发的水肿和由棉籽粉移植引起的肉芽组织生成,表现出强烈的抗炎作用,是一种抗炎和退热作用显著且应用安全的天然物质。Hagiware 通过细胞培养发现谷甾醇能促进产生血纤维蛋白溶酶原激活因子,可作为血纤维溶解触发素对血栓有预防作用。

(二)植物甾醇的食物来源

植物甾醇广泛存在于植物的根、茎、叶、果实和种子中,在所有来源于植物种子的油脂中都含有甾醇。丰富来源有芝麻、向日葵、油菜、花生、高粱、玉米、蚕豆和核桃,良好来源有小麦、赤豆、大豆和银杏。工业上植物甾醇是油脂加工的副产品,从油脚和脱臭馏出物中分离。

植物甾醇的生理功能良好,安全性高,有可能在保健食品中得到应用。日本已批准植物甾醇为特定专用保健食品(FOSHU)的功能性添加剂,美国 FDA 公告称植物甾醇类可降胆固醇而有助于减少冠心病危险,建议有效膳食摄入水平为 1.3 ~ 3.4g /d,芬兰推出了一种从木材中提取的植物甾醇 Forbes Wood Sterol.,服用 1 ~ 2g/d 即有降低胆固醇的作用。植物甾醇结构与胆固醇相似,在生物体内以与胆固醇相同的方式吸收,但其吸收率比胆固醇低,一般只有 5% ~ 10%。

四、超氧化物歧化酶

超氧化物歧化酶(SOD)是广泛存在于动植物体内的一种金属酶,可清除机体代谢过程中所产生的过量超氧阴离子自由基。SOD 已知有三种类型:第一种为 Cu,Zn - SOD,呈蓝绿色,主要存在于真核细胞的细胞质中;第二种为 Mn - SOD,呈紫红色,主要存在于原核细胞和真核细胞的基质中;第三种为 Fe - SOD,呈黄褐色,主要存在于原核细胞和极少数植物细胞中。医学研究证明,SOD 具有抗疲劳,提高免疫力,延缓衰老,消除局部炎症等作用。

SOD 是人体内最主要的抗氧化物质,是氧自由基的克星和专一清除剂。它保护细胞对抗毒性,调节 H_2O_2 的浓度,对付微生物的侵害,并且增强抗氧化酶的活性,迅速清除过剩的自由基。SOD 还可减轻肿瘤患者在化疗、放疗时的疼痛及严重的副作用,并可消除机体疲劳,增强对超负荷大运动量的适应力。

SOD 存在于几乎所有靠有氧呼吸的生物体内,从细菌、真菌、高等植物、高等动物直至人体内均有存在。含 SOD 较高的天然植物有大蒜,其他如油菜、柠檬和番茄等也含有。

五、γ - 氨基丁酸

1963 年,Stanto 就发现 γ - 氨基丁酸(gamma amino-butyric acid,GABA)具有治疗高血压的作用,其机制是因 GABA 可作用于脊髓的血管运动中枢有效促进血管扩张而达到降低血压目

的，黄芪等中药的有效降压成分即为GABA。GABA可降低神经元活性，是一种重要的中枢神经系统的抑制性物质。GABA可抑制谷氨酸的脱羧反应，与α－酮戊二酸生成谷氨酸使血氨降低，摄入GABA可提高葡萄糖酸酯酶的活性，促进脑组织的新陈代谢和恢复脑细胞的功能，改善神经机能。GABA还有活化肾功能、改善肝功能、防止肥胖、促进酒精代谢及消臭的作用。

GABA与某些疾病的形成有关，帕金森病人脊髓中GABA浓度较低，神经组织中GABA的降低与Huntington疾病、老年痴呆等有关。GABA对脑血管障碍引起的症状如偏瘫、记忆障碍、儿童智力发育迟缓及精神幼稚症等有很好的疗效。还被用于尿毒症、睡眠障碍及CO中毒的治疗药物，并有精神安定作用。

GABA是一种天然活性成分，广泛分布于动植物体内。在人脑中GABA可由脑部的谷氨酸在专一性较强的谷氨酸脱羧酶作用下转换而成，但随年龄的增长或精神压力的加大会使GABA积累困难，而通过日常饮食补充可有效改善这种状况。GABA富含于茶叶、胚芽、奶酪等。富含GABA食品的开发始于1986年，日本首先开发成功一类新茶GABARON茶，是将鲜茶叶在N_2下6h，GABA由一般加工法的300mg/kg增加到2000mg/kg；如采用3h隔氧、1h有氧循环处理3次，可使茶中GABA增至4500mg。

六、辅酶Q（coenzymes Q）

辅酶Q是生物体内广泛存在的脂溶性醌类化合物，在人体呼吸链中质子移位及电子传递中起重要作用，可作为细胞代谢和细胞呼吸激活剂，还是重要的抗氧化剂和非特异性免疫增强剂，具有促进氧化磷酸化反应，可保护生物膜结构完整性。

（一）辅酶Q的生理功能

辅酶Q在心肌细胞中含量最高，因为心脏需大量辅酶Q来维持每天千百次的跳动。有研究者认为心血管疾病在很大程度上是由辅酶Q_{10}的缺乏引起。辅酶Q能抑制血脂过氧化反应，保护细胞免受自由基的破坏。波士顿大学研究认为，辅酶Q在防止不良的胆固醇氧化对动脉血管的破坏方面要比维生素E和β－胡萝卜素更加有效，大量的辅酶Q_{10}对防止动脉栓塞非常重要。而得州心脏病专家还认为辅酶Q对预防可控制高血压具有重要作用，他们给109名高血压患者每天服用255mg辅酶Q后，85%的人血压下降，51%的患者可完全停止服用1～3种降压药，而25%的人可完全依靠辅酶Q来控制血压。辅酶Q可刺激免疫功能和治疗免疫缺乏，可有效地促进IgG抗体的生成，如每天口服60mg辅酶Q，该抗体有明显增加。

辅酶Q还有减轻维生素E缺乏症的某些症状的作用，而维生素E和硒能使机体组织中保持高浓度的辅酶Q，辅酶Q被认为是延缓细胞衰老进程中起重要作用的物质。其中辅酶Q_{10}($n=10$)在临床上用于治疗心脏病、高血压及癌症等。

人体可自身合成辅酶Q，但人体产生辅酶Q的功能随年龄增加合成减少，在20岁后开始下降，中年时达严重缺乏状态。有研究表明，50岁后大量出现的心脏退化和许多疾病与体内辅酶Q的下降有关，即当身体需要辅酶Q来抵抗衰老的时候，反而减少了。所以要阻止衰老的进程就需补充辅酶Q或可促进其生成的物质。

（二）辅酶Q的食物来源

辅酶Q类化合物广泛存在于微生物、高等植物和动物中。其中以大豆、植物油及许多动物

组织的含量较高。鱼类尤其是鱼油中有丰富的辅酶 Q_{10}，其他如动物的肝脏、心脏、肾脏及牛肉、豆油和花生中也含有较多的辅酶 Q。目前还有提纯的辅酶 Q_{10}。对于 50 岁以上成人补充 30mg/d 足以达到抗衰老的目的，如有慢性病的老人则可服到 50 ~ 150mg。由于其为脂溶性，服用时要有脂肪的配合，如同时服用维生素 E 可促进辅酶 Q 的生成。有试验表明，服用维生素 E 的动物其肝脏中辅酶 Q 的含量可提高 30%。微量元素硒及维生素 B_2、维生素 B_6、维生素 B_{11}、维生素 B_{12} 及烟酸都是合成辅酶 Q_{10} 的重要原料。

七、叶绿素

叶绿素(chlorophyll)是存在于叶绿体中的绿色色素，有 a，b，c 和 d 4 种。凡进行光合作用时释放氧气的植物均含有叶绿素 a；叶绿素 b 存在于高等植物、绿藻和眼虫藻中；叶绿素 c 存在于硅藻、鞭毛藻和褐藻中；叶绿素 d 存在于红藻。在光合作用中，绝大部分叶绿素的作用是吸收及传递光能，仅极少数叶绿素 a 分子起转换光能的作用。叶绿素在活体中大多与蛋白质结合在一起，存在于类囊体膜上。

叶绿素能对抗许多有害的细菌，抑制肾结石的生长，对贫血有效，均衡血压及呼吸。叶绿素可以抑制细胞膜有害性的氧化作用，从而抑制细胞提前老化和动脉硬化症。叶绿素还具有帮助伤口的愈合、防止有害射线、预防癌症、整肠、健胃和祛毒等功效。此外，叶绿素还能消除体内所散发出来的气味，如口臭、汗味、尿味、粪便味。

八、对氨基苯甲酸

对氨基苯甲酸(PABA)在 B 族维生素中属于较新发现的维生素之一。它可在人体内合成，帮助合成叶酸，于人体利用蛋白质时起重要的作用。对氨基苯甲酸有助于对泛酸的吸收，并提高其效果，其效用为能保持健康润滑的皮肤，延迟出现皱纹，帮助毛发恢复到自然颜色。

磺胺类药物是 PABA 的拮抗物，长期服用可引起 PABA 的缺乏，也引起叶酸的缺乏，症状如疲倦、烦躁、抑郁、神经质、头痛、便秘及其他消化系统症状。PABA 对人类基本无害，但连续大剂量使用可能有恶心、呕吐等毒性作用。PABA 的丰富来源为酵母、肝脏、鱼、蛋类、大豆、花生及麦芽等。

九、氰甙

氰甙(ayanogenic glycoside)是由含氰基(—C≡N—)的氰醇衍生物和 1 ~ 2 个单糖结合而成，是一种含氰化物可能有毒的物质，能给机体提供低剂量而恒定的氰酸，具有镇咳作用。人和其他哺乳动物有一种硫氰酸酶，能使氰化物转变成硫氰酸盐，在预防和治疗癌症方面可能有一定作用。

蔷薇科植物如桃、杏、梅、枇杷等的种子、叶与树皮中较多。在忍冬科、豆科、亚麻科、大戟科、景天科等植物中亦有。木薯含约 0.5% 的苦杏仁苷。

十、谷维素

谷维素(oryzanol)存在于米糠油中，系三萜(烯)醇为主体的阿魏酸酯混合物。谷维素可降低血清甘油三酯、降肝脏脂质和血清过氧化脂质，可减少胆固醇的吸收、降血清总胆固醇、阻碍胆固醇在动脉壁的沉积并减少胆石的形成。其具有稳定情绪、减轻焦虑及紧张状态的功效，并

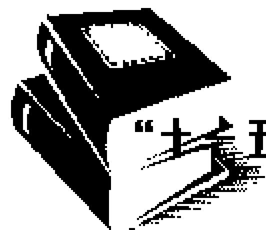
能改善睡眠,可用于更年期综合征、各种神经官能症、月经前期紧张症、脑震荡后遗症的辅助治疗。

谷维素主要存在于米糠油、胚芽油、稞麦糠油和菜子油等谷物油脂中,以毛糠油含量最高。一般寒带稻谷米糠的谷维素高于热带稻谷。



思考题与习题

1. 功能性多糖与功能性低聚糖各有哪些重要的生理功能?
2. 简述生物类黄酮及其生理功能。
3. 异黄酮和花青素有何特有的生理作用?
4. 类胡萝卜素有哪些重要的生理功能? 富含在哪些食品中?
5. 有机硫化合物主要包括哪几类? 各自有何特有的生理功能?
6. 简述皂苷类化合物的生理功能。
7. 磷脂、胆碱、茶氨酸、辅酶Q、植物甾醇及咖啡碱等有何生理功能?



第六章 各类食品的营养价值

学习目的与要求

1. 掌握食品营养价值的评定方法及各类食物的营养特点。
2. 熟悉评定食品营养价值的意义。
3. 了解谷类、蛋类的结构和营养素分布,蔬菜水果中的芳香物质、色素和有机酸。

第一节 食品营养价值的评定

人类营养学研究发现,在自然界中,到目前为止,尚未发现单一食物能满足人类对所有营养素的需求。因为,每类食物都有其不同的营养特性,只有理解和掌握了各类食物的营养特点,才能科学合理地搭配食物。本章主要介绍各类食物的营养特点。

一、食品营养价值的相对性

食品的营养价值(food nutritional value)指食品中所含营养素和热能满足人体营养需要的程度。

食品的营养价值高低,取决于两个方面:一是摄食的人,另一个是食品中的能量和营养素。对于食品而言,如果营养素种类齐全、数量充足、相互之间的比例关系适宜而且易于消化和吸收,这种食品的营养价值通常是高的。但是对于同一种食品,相对于不同的人摄取后,对每人所起的营养效应则是各不相同的。如对于刚出生到4个月的婴儿来说,母乳是最理想、最有营养的天然食物,而对于已经1周岁的幼儿,如只给予母乳,就会影响到他的正常生长发育。因为此时母乳中所含有的各种营养素的量及其比例关系已经不能满足幼儿期的生长需求。因此,母乳对于1周岁的幼儿,其营养价值就不是最好的了。因此,我们要评价某食物的营养价值的高低,不可脱离食用者而单纯就食品本身去讨论。此外,营养学研究发现,除了母乳之于4~6个月的婴儿外,没有一种食物可满足人体的全部需求。也就是说,自然界中每一种食物都只是对机体营养素需求的一种补充,这就是食品营养价值的相对性。

二、食品营养价值的评价指标

(一)营养素密度与营养质量指数

营养素密度(nutrients density)和营养质量指数(index of nutrition quality, INQ)是推荐作为评价食品营养价值的指标,而且两个指标之间关系密切。

营养素密度是指一种食物、膳食或营养补充物所含的营养素与其所含能量的比值,即食品

单位能量所含某营养素的量。具体表示方法为营养素重量单位/4.18MJ(1000kcal),如猪肝铁的密度为175mgFe/4.18MJ(1000kcal),如(白)鸭血铁的密度为282mgFe/4.18MJ(1000kcal)等。营养素密度常用于对不均匀人群的食谱编制。

营养质量指数指营养素密度(某营养素占RNI或AI的比值)与能量密度(该食物所含能量占能量RNI的比值)之比。公式如下:

$$INQ = \frac{营养素密度}{热能密度}$$

$$营养素密度 = \frac{营养素含量}{营养素\ RNI\ 或\ AI}$$

$$热能密度 = \frac{食物所含热能量}{热能\ RNI}$$

评价方法:当INQ=1时,代表所摄取的食品中能量与其营养素之间的比例适合,既不会引起过剩也不会不足,是一种营养质量合格食品;INQ>1时,表示所提供的营养素能力大于能量的能力,也是一种"营养质量合格食品",特别适合于超重或肥胖者;INQ<1时,表示该食品所提供的能量大于营养素,长期摄入此类食品,易出现能量积累,属于"营养质量不合格"食品。鸡蛋、大米、大豆中几种营养素的INQ值见表6-1。

表6—1 鸡蛋、大米、大豆中几种营养素的INQ值

	热能/kJ	蛋白质/g	视黄醇/μgRE	硫胺素/mg	核黄素/mg
成年男轻体力RNI或AI	10042	75	800	1.4	1.4
100g鸡蛋	653	12.8	194	0.13	0.32
INQ		2.62	3.73	1.43	3.52
100g大米	1456	8.0	—	0.22	0.05
INQ		0.74	—	1.08	0.25
100g大豆	1502	35.1	37	0.41	0.20
INQ		3.13	0.31	1.96	0.96

(二)食物利用率

食物利用率是指食物进入机体,被消化、吸收和利用的程度。常利用大、小白鼠等动物实验获得对某个整体或混合食物进行评价,即待评食物喂养实验动物一段时间后,计算饲料消耗量与动物体重增加量的百分比值。其意义是摄入的食物有多少可转化成动物的体重,计算公式为

$$食物利用率(\%) = \frac{饲养期间动物体重增加量(g)}{饲养期间饲料消耗量(g)} \times 100\%$$

(三)食物的血糖生成指数

详见第三章第一节。1998年在WHO/FAO专家会议上建议将GI用于评价食物营养价值的指标。



(四)酸性食品与碱性食品

首先,营养学上所讨论的酸性食品与碱性食品与化学上的不同,它不是根据食物在自然状态下所呈现的酸碱性确定,也不是根据人们的感官的刺激确定其酸碱性,而是食物被摄入体内后,经过消化吸收、代谢后的终产物对机体体液的酸碱度的影响而定。

1. 酸性食品

凡食物中含S、P、Cl等元素的量比较高者,在体内经代谢最终产生的终产物呈酸性,故称酸性食品。通常含蛋白质、脂类和碳水化合物的食物,成酸元素较多。常见的酸性食物有水产、畜肉、蛋、家禽、谷类;硬果中的花生、核桃、榛子;水果中的李、梅。

2. 碱性食品

凡食物中含K,Na,Ca,Mg等元素较多者,在体内代谢后,终产物呈碱性,故称碱性食物。蔬果因富含K,Na,Ca,Mg等碱性元素。常见的蔬菜、水果、豆类、牛奶;硬果中的杏仁、栗子等属于碱性食品。

3. 其他

食用油、黄油、食糖、淀粉等不含上述成酸或成碱元素,体内代谢后呈中性反应。

机体在代谢过程中,易于产酸,碱性食物进入机体后,与机体产生的CO_2结合生成碳酸盐由肾脏排出。因此,适当的碱性食物有利于排酸,保持机体pH的正常(pH7.35~7.45)。如果摄取过多的酸性食物,会使机体体液pH升高,引发酸毒症,表现为血液色泽加深、粘度增高、血压上升。在年幼时可引发皮肤病、神经衰弱、胃酸过多、便秘和蛀牙等;对于中老年人,则引发高血压、动脉粥样硬化、脑出血、胃溃疡等疾病。因此,我们平时必须多摄取碱性食物。

(五)食物的抗氧化能力

机体在新陈代谢过程中会产生大量的自由基,尤其是氧自由基,同时,机体存在消除自由基的系统。因此,在正常情况下,机体内的自由基生成系统与消除系统保持平衡。但当体内自由基生成系统功能过强或消除系统功能减弱,其结果是体内自由基在体内的累积,过量自由基将对机体生物大分子物质,如蛋白质、核酸等产生严重的破坏作用,破坏细胞的结构,引起细胞功能的改变。机体对自由基的消除系统包括两方面的体系,一是体内固有的酶反应体系,如超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)以及谷胱甘肽还原酶等,另一个非酶体系,这与膳食结构密切相关,主要包括三方面:

(1)膳食抗氧化营养素:主要有维生素C、维生素E、β-胡萝卜素等可以直接消除体内自由基,还是某些微量元素,可以增强体内自由基消除酶系统能力,如Se,Mn,Zn,Fe和Cu等。

(2)非营养素膳食抗氧化成分:主要由目前营养学界正在研究的植物化学物质,如类胡萝卜素、生物黄酮类、番茄红素、多酚类化合物、植酸等。

(3)其他抗氧化成分:主要包括二丁基羟基甲苯(butylated hydroxy toluence,BHT)、丁基羟基茴香醚(butylated hydroxy anisole,BHA)等,这些是在食品加工过程中常用的抗氧化成分。

食物的抗氧化能力的高低主要取决于上述抗氧化成分在食品中的有效含量。

三、评定食品营养价值的意义

评定食品营养价值的意义包括：

(1)了解食物的天然成分。

(2)了解加工烹调中营养素的变化和损失。

(3)指导平衡膳食、合理营养。

第二节　谷类食品营养特点

一、谷类的组成

谷类食品主要由主粮类(小麦、大米)和杂粮类(玉米、小米、高粱、薯类)等组成。谷类食品在我国膳食构成比为近50%，我国居民每日所需的能量有55%～65%以及蛋白质的50%多都由谷类食物提供，因此，谷类食物在我国的膳食结构中占有重要地位。

二、谷类的结构和营养素分布

谷类种子都有相似的结构，如图6—1所示，一般将其分为谷皮、糊粉层、胚乳和胚芽4部分，分别占谷粒重量的5%、8%、83%、2%～3%。

谷皮(bran)为谷粒的外壳，含纤维素，半纤维素较多，含较高灰分和脂肪。

糊粉层(aleurone layer)介于谷皮和胚乳之间，含较多的磷和丰富的B族维生素及无机盐，有重要的营养学意义，但在碾磨加工时，易与谷皮同时脱落，而混入糠麸中。

胚乳(endospern)是谷类的主要部分，内部是淀粉细胞，整个籽粒所含淀粉集中在胚乳中，蛋白质居第二位。

胚芽(embryo)位于谷粒的一端，富含蛋白质、脂肪，无机盐、B族维生素和维生素E。胚芽质地比较软而有韧性，不易粉碎，但在加工时因易与胚乳分离而损失掉。

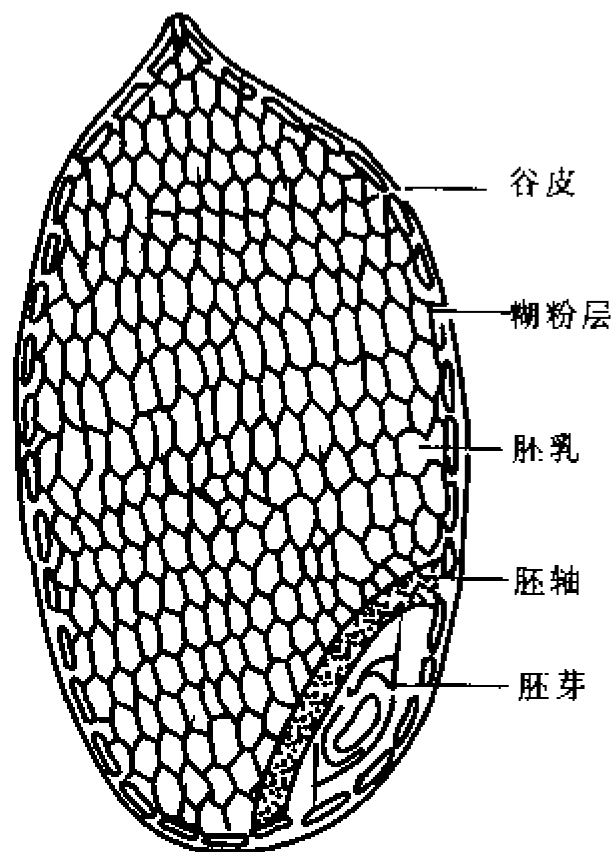


图6—1　谷类种子结构图

三、谷类食品的营养特点

(一)蛋白质

谷类中的蛋白质含量通常在7.0%～12%之间。依据蛋白质的溶解性不同，将谷类蛋白质分为谷蛋白、白蛋白、醇溶蛋白、球蛋白4类。4种蛋白质特点见表6—2。

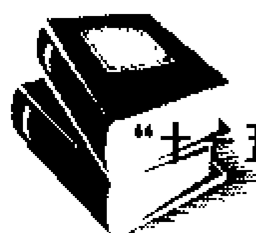


表6—2 谷类食物蛋白质特性

种类	溶解性	分布/氨基酸构成特点	实例
清蛋白	易溶于水和盐溶液	存在于糊粉层和胚芽中,含有丰富的赖氨酸、色氨酸和精氨酸	小麦清蛋白 大麦清蛋白
球蛋白	不溶于纯水 溶于中性稀溶液		小麦球蛋白 燕麦球蛋白
醇溶蛋白	溶于70%~90%乙醇溶液或稀酸、稀碱溶液	大量谷氨酰胺和脯氨酸,少量碱性氨基酸(如赖氨酸) 玉米胶蛋白缺乏赖氨酸和色氨酸	玉米胶蛋白、大麦胶蛋白 面筋的主要蛋白
谷蛋白	只溶于稀酸或稀碱溶液	与醇溶蛋白一起只存在于谷物籽粒中	小麦谷蛋白

一般谷类蛋白质因必需氨基酸组成不平衡,赖氨酸含量都很少,苏氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸偏低,因此谷类蛋白质营养价值低于动物性食物。

谷类食物的营养价值高低,尤其是蛋白质,在很大程度上影响着我国居民的营养健康状况,提高谷类食物蛋白质营养价值就显得尤为重要,常用方法包括:

(1)氨基酸强化和食物蛋白质互补,这是一个行之有效的方法。

(2)基因调控技术改良品种,这是根本的解决之道。

(二)碳水化合物

谷类中的碳水化合物主要为淀粉,集中在胚乳层,含量在40%~70%。不同谷物中淀粉的颗粒大小、类型各异,一般米淀粉颗粒最小,而玉米淀粉颗粒最大,两者相差达5倍之多。谷类中含有两种不同形式的淀粉——直链淀粉和支链淀粉。直链淀粉不易溶于水,黏稠度小,不易消化,而支链淀粉因分支多,易溶于水,黏性大,易于被淀粉酶分解。直链淀粉的GI值比支链淀粉要低,因此调整好谷类食物中直链淀粉与支链淀粉的比值,对调节血糖具有一定的意义。

谷类除淀粉外,还有一定量的低聚糖、单糖、双糖,它们可以溶于水或乙醇中,又称为可溶性糖,约占10%左右。此外,还存在一定的非淀粉类多糖,其中包括纤维素半纤维素、戊聚糖等。

(三)脂类

谷类籽粒的脂肪含量一般都不高,平均为1%~4%,而玉米脂类5%左右、燕麦更是高达5%~9%,最高达12%。脂类分淀粉脂类(与淀粉粒结合)和非淀粉脂类(存在于淀粉粒以外的脂类,如谷皮和胚芽中),在谷类加工时,非淀粉脂类易转入副产品中。从米糠中可提取与机体健康有密切关系的米糠油、谷维素和谷固醇。

淀粉脂类主要由非极性脂类占9%、糖脂占5%和磷脂占86%。非淀粉脂类主要由极性脂类占60%、糖脂占25%和磷脂占15%。谷类脂肪主要以不饱和脂肪酸为主,如玉米、小麦胚芽

提取的胚芽油,80%以上为不饱和脂肪酸,其中亚油酸含量占60%,具有降低血清胆固醇,防止动脉粥样硬化的作用以及消除疲劳等功效。

(四)矿物质

谷类中的矿物元素有30种之多,如P,K,Mg,Ca,Na,S等常量元素和Zn,Fe,Cu,Cr,Co等微量元素。谷物中的矿物元素组成及其含量因品种、区域、气候和施肥等条件不同而异,其含量约为1.5%~3.0%,以糊粉层含量最高,而胚乳含量最低。由于谷物中同时含有植酸盐,一般谷物中的矿物质消化吸收率不高。

(五)维生素

谷类是膳食中B族维生素的重要来源。其中,脂溶性维生素主要由维生素E、维生素K和少量胡萝卜素以及维生素D元(麦角固醇)组成,主要存在于胚芽中,以小麦胚芽(维生素E 30~50mg/100g)含量最高,玉米胚芽次之;水溶性维生素主要存在于糊粉层和胚芽中,几乎含有所有的B族维生素。由谷类加工的精度越高,保留的胚芽和糊粉层越少,维生素损失就越多。玉米的尼克酸主要是结合型,必须经加工处理变为游离型,才能被人体吸收利用。

四、杂粮类的营养特点

常将稻米、小麦面以外的谷物称杂粮,有高粱、玉米、小米、燕麦等,营养特点与谷物相似。

1. 高粱

有黄、红、黑、白等不同品种,蛋白质5%~7%(含赖氨酸、苏氨酸偏低),脂肪及铁含量高于大米,淀粉约60%,淀粉颗粒大而硬,不易糊化,煮熟后不及大米、面粉易消化。

2. 玉米

蛋白质含量在6%~9%之间(色氨酸、赖氨酸含量较低,而苏氨酸、含硫氨基酸高于稻米),胚芽中油脂较丰富,除甘油三酯外,含有卵磷脂和维生素E较多。黄玉米含有一定量的类胡萝卜素。

3. 小米

有粳、糯2种。粳小米多做主食,而糯小米以做糕点为主。蛋白质含量12.0%~14.0%之间(赖氨酸相对较低而色氨酸较一般谷物多),脂肪和铁含量比玉米高,硫胺素和核黄素比较丰富,有少量胡萝卜素。小米粥是一种营养丰富的谷物食品。

4. 甘薯

鲜甘薯含水69%、蛋白质1.9%,其余大部分为糖类。鲜薯中类胡萝卜素、抗坏血酸和钙都比大米高,有丰富的膳食纤维和无机盐,是一种碱性食品。所含的黏液蛋白可维持人体心血管壁的弹性、防止动脉硬化、减少皮下脂肪堆积等。

第三节　豆类及坚果类食品的营养特点

一、豆类的组成

豆类主要有大豆、赤豆、豌豆、蚕豆、绿豆、芸豆等。按营养成分特点,将豆类分成两类:一

类是大豆(包括黄豆、黑豆、青豆),含有较高的蛋白质(35% ~40%)和脂类(15% ~20%),而碳水化合物相对较少(20% ~30%),另一类是除大豆外的其他豆类,其特点是较高的碳水化合物(55% ~65%),中等量的蛋白质(20% ~30%)和少量的脂类(低于5%)。

二、豆类的营养特点

(一)豆类的营养成分

1.蛋白质

豆类含蛋白质在20% ~40%之间,其中大豆在所有豆类中所含蛋白质(35% ~40%)最高,其余豆类蛋白质含量见表6—3。豆类蛋白质也由清蛋白、球蛋白、谷蛋白和醇溶蛋白等4类蛋白组成,其中以球蛋白含量最高。大豆蛋白质是最好的植物性优质蛋白质,含有丰富的赖氨酸,是与谷类蛋白质互补的天然理想食品。不过,豆类蛋白质中蛋氨酸含量相对较低。

表6—3 我国主要食用豆类蛋白质含量 g/100g

豆类	蚕豆	豌豆	豇豆	绿豆	小豆	莱豆	大豆
含量	27.9	24.5	24.2	23.8	22.3	23.2	39.0

2.脂类

除大豆(脂肪15% ~20%)和花生(脂肪44%)外,其他豆类脂类含量都很低(0.5% ~2.5%)。油脂中主要含有亚油酸、亚麻酸、油酸和软脂酸,其中不饱和脂肪酸高于饱和脂肪酸,如大豆油脂中,亚油酸占总不饱和脂肪酸50%以上,此外还含有较多的磷脂和具有抗氧化能力的维生素E。

3.碳水化合物

豆类中的碳水化合物含量在20% ~65%之间,其中75% ~80%是可供利用的淀粉,其他则是由阿拉伯糖、半乳聚糖、蔗糖和人体不能消化吸收的棉籽糖和水苏糖等低聚糖组成,后者是人们食用后引起腹胀的主要成分。大豆中没有发现有淀粉。表6—4显示了豆类中的碳水化合物分布情况。

表6—4 豆粉中碳水化合物的质量分数① %

豆粉	葡萄糖	蔗糖	棉籽糖	水苏四糖	毛蕊花糖	淀粉
四季豆	0.04	2.23	0.41	2.59	0.13	51.6
蚕豆	0.34	1.55	0.24	0.80	1.94	52.7
小扁豆	0.07	1.81	0.39	1.85	1.20	52.3
绿豆	0.05	1.28	0.32	1.65	2.77	52.0
大豆②	0.01	4.50	1.10	3.70		

注:①干物质质量分数;②脱脂豆粉。

4.维生素与矿物质

豆类中富含硫胺素、核黄素和尼克酸,其中硫胺素和核黄素含量高于谷类以及某些动物

性食物，将硫胺素视为食物中的主要来源。此外，发芽大豆、绿豆含较高的维生素C，同时豆类中富含钙、磷、铁和锌，而钠含量低等特性。因此，豆类，尤其是大豆类食品是一类健康类食物。

（二）豆类中的抗营养因子

豆类食物中普遍存在有可以抑制动物体（包括人体）消化系统的蛋白酶和淀粉酶活性，此外还存在血细胞凝集素、植酸等许多正常营养过程的物质，在食用时应注意并合理处理这些抗营养因素。

1. 蛋白酶抑制剂（protease inhibitor, PI）

许多豆类，尤其是大豆和其他油料作物中含有一种能抑制人体消化系统蛋白酶的蛋白质，包括抑制胰蛋白酶，糜蛋白酶，胃蛋白酶等物质。有研究表明，如果每天食用100g生大豆或200g小扁豆或其他豆类，可以完全抑制人体每天分泌的胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶活性。消除蛋白酶抑制剂的方法很简单，由于它的本质是蛋白质，只要加热处理即可消除。大豆经过100℃处理9min，即可破坏87%的蛋白酶抑制剂。过去人们只是片面地认为蛋白酶抑制剂是营养抑制剂，而如今发现它是一种很有前途的肿瘤抑制剂，可以用于肿瘤防治等。

2. 豆腥味

豆类中含有不同形式的脂氧合酶，对豆类的风味有很大的影响。在大豆的贮存过程中，脂氧合酶可催化脂肪的氧化酸败，产生具有豆腥味的羰基化合物等。通过蒸汽热处理或脱脂处理，即可预防或消除豆腥味等异味。

3. 胀气因子

水苏四糖和棉子糖不能被机体消化，但能被大肠中的微生物发酵产气。大豆通过加工制成豆制品时，胀气因子已被除去。水苏四糖和棉子糖属于大豆低聚糖，具有活化肠道内双歧杆菌并促进其生长繁殖的作用。目前已作为功能性食品基料。

4. 植酸

大豆中含有的植酸能与Zn，Ca，Mg，Fe等元素螯合从而影响它们在消化系统中的消化吸收。一般通过控制加工精度以及利用豆类中所含植酸酶的分解作用可以有效加以控制。植酸也是一种很有发展前途的抗氧化剂。

5. 皂甙和异黄酮

皂甙和异黄酮具有抗氧化、降低血脂和血胆固醇的作用，还有雌激素样作用以及抗溶血、抗真菌、抗细菌和抑制肿瘤等作用。

6. 植物红细胞凝集素

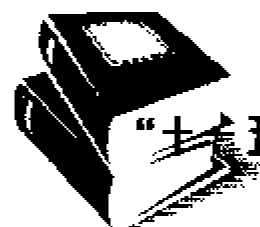
植物红细胞凝集素是能凝集人和动物血红细胞的一种蛋白质，也是一种影响动物生长的因素。加热可被破坏。

三、豆制品的营养特点

大豆制品有非发酵性豆制品和发酵性豆制品。豆制品除去了大豆内的有害成分，大豆蛋白质的结构从密集变成疏松状态，提高了大豆的营养价值。

用绿豆和黄豆制成的豆芽，可产生抗坏血酸，从而作为抗坏血酸的来源。

豆类、坚果类及部分油料（棉籽及油菜籽等）的蛋白质制品有：①分离蛋白，蛋白质含量约



90%,可用水强化或制成各种食品;②浓缩蛋白,蛋白质含量达70%,其余是纤维素和低聚糖等不溶性成分;③组织化蛋白,将豆粕、分离蛋白或浓缩蛋白除去纤维素,加入各种调料或添加剂,经高温高压膨化而成;④油料粕粉,用大豆或脱脂豆粉碾碎而成。

四、坚果类食品的营养特点

常见的坚果类分为两大类:一类是富含脂肪和蛋白质坚果,主要有花生、核桃、杏仁、榛子仁、葵瓜子仁、松子;另一类是含糖类高而脂肪较少的坚果,主要有白果、板栗、莲子等,除莲子外,其他蛋白质均较高,且富含B族维生素以及Ca、P,Fe,Zn等矿物质。

1. 花生

花生是我国产量最多的坚果类食物,是一种深受人们喜爱的一种硬果。花生蛋白含有较高的精氨酸、组氨酸,但异亮氨酸和蛋氨酸低。在维生素方面,其硫胺素、核黄酸和尼克酸含量丰富,还含有丰富的磷脂、维生素E、胆碱和铁等。

2. 芝麻

芝麻分黑、白、黄3种,富含蛋白质(蛋氨酸含量丰富)和油脂(主要以不饱和脂肪酸为主),其中铁比猪肝多1倍。此外,芝麻还富含Ca,P,Zn等多种矿物元素及核黄素和维生素E。

3. 核桃

核桃含有丰富的蛋白质、脂肪、碳水化合物、类胡萝卜素、硫胺素、核黄酸、维生素E和Fe、Mg等。油脂中不饱和脂肪酸丰富,又富含磷脂,对脑神经有良好保健作用。

第四节 蔬菜、水果类食品的营养特点

一、概述

蔬菜和水果含有人体所需要的多种营养成分,其特点是蛋白质和脂类含量很低。而膳食纤维、无机盐(Ca,P,Na,Mg等)和某些维生素(维生素C,胡萝卜素)的含量很丰富。其在膳食中不仅占有较大的比例,而且具有良好感官性质,对增进食欲、帮助消化、维持肠道正常功能及丰富膳食的多样化等方面具有重要的意义。

二、蔬菜类食品的营养特点

(一)蔬菜种类

蔬菜的种类非常多,按植物结构部位可分为:

(1)叶菜类:大白菜、油菜、菠菜及其他绿叶蔬菜等,其特点是柔嫩而多汁。

(2)根茎类:萝卜、芋头、土豆、苤兰、藕、葱、蒜等,其特点是柔嫩、多汁、香脆。

(3)豆荚类:扁豆、豇豆及其他鲜豆等。

(4)花芽菜类:菜花、黄花菜及各种豆芽等。

(5)瓜果类:冬瓜、黄瓜、苦瓜、西葫芦、茄子、青椒、西红柿等。

(二)蔬菜类的营养特点

1. 水分

蔬菜类的含水量是衡量其新鲜程度的一个重要指标。一般蔬菜含水量在65%~95%之间。大多数蔬菜的含水量在90%以上,这使得蔬菜中的营养素含量显得不高,但营养素的密度确不低。如猪瘦肉的锌的营养素密度为20.9mg/4.18MJ(1000kcal),而芹菜叶的锌的营养素密度为36.8mg/1000kcal,香椿的锌的营养素密度为47.9mg/4.18MJ(1000kcal)。由此说明蔬菜的营养价值不可低估。

2. 碳水化合物

大部分的蔬菜所含的碳水化合物量都很低,仅为2%~6%,主要成分包括单糖、双糖、淀粉、纤维素、半纤维素和果胶等。

蔬菜类含糖量较多的有胡萝卜、番茄、甜薯、南瓜等,含量在2.5%~12%。

含淀粉类较高的蔬菜有各种芋类,薯类及藕。含果胶较多的有南瓜、胡萝卜、番茄等。

蔬菜是膳食纤维(纤维素、半纤维素和果胶等)的重要来源。

某些菊科蔬菜,如菊芋、牛蒡的块茎和肉质根部含有一种称为菊糖的菊淀粉,属于可溶性膳食纤维,具有很好的促进双歧杆菌和乳酸菌繁殖的作用。菊糖含量较多(2%~20%)的蔬菜有菊苣、菊芋、大蒜、韭菜、牛蒡、洋葱和芦笋等。

3. 维生素

蔬菜是供给维生素C、胡萝卜素、核黄素、维生素B_6和叶酸的重要来源。尤其是维生素C和β-胡萝卜素几乎是我国居民膳食中的主要来源。

一般蔬菜中的胡萝卜素含量与蔬菜颜色有关,凡绿叶菜和橙黄色菜都有较多的胡萝卜素。而维生素含量与蔬菜的色泽无关。各种新鲜蔬菜均含有维生素C,蔬菜中的红辣椒、青花菜、花菜和羽衣甘蓝等均含有极丰富的维生素C(100mg/100g~200mg/100g)。一般瓜茄类维生素C含量较低(小于10mg/100g),但苦瓜维生素C含量高(56mg/100g)。

4. 矿物质

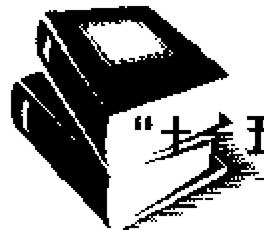
蔬菜是人体无机盐的重要来源,对维持机体的酸碱平衡十分重要。矿物质主要由K,Ca、Fe,P为主,其中以K最为丰富,占总矿物质的50%。由于钾盐可促进心肌生理功能,故蔬菜类食物对心脏衰弱和高血压病有良好的辅助疗效,富钾的蔬菜主要有:豆类蔬菜、辣椒、榨菜、蘑菇、香菇等。除钾以外,某些蔬菜也是含钙很高的食物,如油菜、苋菜、萝卜缨、芹菜等,含钙量都在100mg/100g以上。由于蔬菜中同时存在较多影响矿物质吸收的膳食纤维等,因此一般蔬菜中的矿物质利用率并不高。在烹调时,可以采取汆的方法,即将蔬菜放入正在沸腾的开水中约数十秒即可捞出。这样的处理可减少蔬菜中的草酸,而且烹制出的蔬菜非常可口。

蔬菜是一类碱性食物,常摄取蔬菜对消除疲劳、维持机体的酸碱平衡具有良好的作用。

5. 植物化学类物质

存在于植物性食物中(主要是蔬菜和水果),除传统营养素(不包括维生素)以外的植物活性物质,称为植物化学物。实际上,植物化学物就是植物中的低分子质量的次级代谢产物,目前已经发现的有十余类,绝大多数存在于蔬菜中。

(1)植物固醇:主要存在于植物的种子及其油料作物中,其中有β-谷固醇、豆固醇、菜油



固醇。植物固醇与动物固醇之间的区别在于结构上多了一个侧链。每天我们可以通过膳食摄入150~400mg的植物固醇。植物固醇具有降低胆固醇的作用。

(2)芥子油甙:存在于十字花科植物中的具有芥茉样味道的物质。当这些植物组织受到机械性破坏后,在葡糖硫苷酶的作用下,可释放一些活性物质,如异硫氰酸盐、硫氰酸盐和吲哚,其中以莱菔硫烷研究得最深人,它具有很明显的抗癌作用。在十字花科植物中,如西兰花(2.3mg%)、空心菜、甘蓝等都含有比较多的莱菔硫烷。

(3)多酚类:多酚广泛地存在于蔬菜、水果,特别是水果的外皮中,还有整粒的粮食中,如豆类。多酚有两类:一类为酚酸,如羟基肉桂酸,另一大类为类黄酮。多酚类是生物学作用最多的植物化学物。新鲜蔬菜含有较多的类黄酮,如新鲜莴苣叶含类黄酮达0.1%,绿叶蔬菜随着它的成熟程度,类黄酮不断升高。

(4)硫化物:即蔬菜中存在的一类有机硫化物。在大蒜中有机硫化物大约有30多种,含量最多的主要有3种,即二丙烯基一硫化物、二丙烯基二硫化物和二丙烯基三硫化物。生物活性最强的是二丙烯基二硫化物,即我们通常所说的蒜素。蒜素的基本成分就是蒜苷,蒜苷在蒜氨酸酶的作用下,产成蒜素。新鲜的大蒜里蒜素的含量高达0.4%。

(5)其他:除上述植物化学物质外,在蔬菜中还存在许多其他的生活活性物质,如植酸、异黄酮、木聚素、蛋白酶抑制剂、类胡萝卜素和皂甙类等。

三、水果类食品的营养特点

(一)水果类的组成

1.水果的定义

水果是一类味甜多汁的植物性食物的总称。其中以植物的带肉果实或种子为主,以木本植物的果实为多。水果与蔬菜的区别之一是水果可以不经烹调而直接被食用。

2.水果分类

(1)落叶果树类水果:主要由仁果类(苹果、梨、山楂、刺梨等)、核果类(桃、杏、李、梅、樱桃等)、浆果类(葡萄、柿子、无花果、石榴、猕猴桃、桑葚、草莓等,但不包括热带水果)以及少数瓜类。

(2)常绿果树类水果:包括柑橘类、荔枝和龙眼类和其他亚热带水果(如芒果、杨梅、橄榄、榴莲、杨桃、椰子等)。

(二)水果类的营养特点

1.水分

水果含水量达85%~90%,其中的水除部分来自生物代谢所产生的以外,水果中的其他部分水则是通过生物超滤膜获得,因此,水果中的水质比较安全和卫生。

2.碳水化合物

水果中的碳水化合物是影响水果口味和质感的主要影响因子,水果含有蔗糖和还原糖(5%~20%),是人类膳食能量的补充。水果中仁果类以果糖为主,葡萄糖和蔗糖次之;浆果类以葡萄糖和果糖为主;核果类和柑橘类则以蔗糖含量较多。除香蕉外,淀粉只存在于未成熟的水果中。

3. 膳食纤维

水果中的膳食纤维主要由纤维素、半纤维素和果胶组成。水果中一般含有较多的果胶(如山楂,苹果和柑橘等),具有很强的凝胶力,可加工成果酱和果冻制品。

4. 维生素

水果中含有除维生素 D 和维生素 B_{12} 以外的所有维生素。但 B 族维生素含量相对较低,在水果中具有营养学意义的维生素主要是维生素 C 和胡萝卜素,香蕉中含有较多的叶酸和维生素 B_6。维生素 C 含量丰富的水果主要有鲜枣、山楂、猕猴桃、柑橘等。

5. 芳香物质、色素和有机酸

水果中常含有各种芳香物质,其油状挥发性化合物称为精油,主要成分为醇,酯,醛酮,烃等,芳香物质赋予水果香味,能刺激食欲,有助于食物的消化吸收。水果中还含有各种有机酸类,主要有苹果酸、柠檬酸和酒石酸等,一方面可使食物具有一定的酸味,可刺激消化液的分泌,有助于消化,另一方面,水果中的有机酸对稳定维生素 C 具有保护作用。

6. 植物化学物质(见蔬菜部分)

第五节 食用菌、藻类的营养特点

一、概述

食用菌类和食用藻类是两个不同的类别,与普通食物不同,因两者都含有丰富的蛋白质,习惯上将他们放入一起讨论。

(一)食用菌类

食用菌类又称真菌食物,属真菌类的担子菌纲,主要由香菇、草菇、平菇、黑木耳、银耳、金针菇、猴头菇、牛肝菌、羊肝菌、鸡油菌及口蘑等,食用菌的共同特点是高蛋白质和低脂肪,而且,味道鲜美、有特殊的保健作用等,这是人们选择食用食用菌的主要原因之一。我国食用菌种类很多,可分为野生和人工栽培两大类,仅野生食用菌就有 200 多种。

(二)藻类

海藻类指海洋生或海边生植物,其营养特点是含有丰富的蛋白质和 B 族维生素。可食用的海洋藻类约有 100 多种。人们常将藻类的生活习性将海藻类分成两类:一是浮游藻类,它由单个细胞组成,故又称为海洋单细胞藻类,此类生物具有叶绿素,可进行光合作用的自养型生物,如我们常见的螺旋藻;另一类是底栖藻类,据其颜色将其分为绿藻类、褐藻类和红藻类等 3 类,如裙带菜(即俗称的海木耳)、紫菜和海带菜等。

二、食用菌的营养特点

(一)蛋白质

食用菌的蛋白质营养素密度都比较高,尤其是地衣尽管含量并不高,但蛋白质的营养素密度却高达 250g/4.18MJ(1000kcal)。

表6－5为常见食用菌类营养素的含量。

表6—5 常见食用菌类(/100g)营养素含量

食物名称	蛋白质/g	蛋白质密度	碳水化合物/g	核黄素/mg	尼克酸/mg	Ca/mg	K/mg	Fe/mg
草菇	2.7	117	5.9	0.34	8	17	179	1.3
大红菇(干)	24.4	122	52.5	6.9	19.5	1	228	7.5
地衣	1.5	250	3.6	0.28	0.5	14	102	21.1
冬菇(干)	17.8	84	66.9	1.4	24.4	55	1155	10.5
猴头菇	2	154	9.1	0.04	0.2	19	8	2.8
黄蘑	4.3	205	9.6	0.26	1.5	3	512	5.9
金针菇	2.4	92	8.7	0.19	4.1		195	1.4
口蘑(干)	38.7	160	48.8	0.08	44.3	169	3106	19.4
洋蘑菇	4.2	183	4.2	0.27	3.2	2	307	0.9
松蘑(干)	20.3	181	66	1.48		14	93	86
香菇	2.2	116	8.5	0.08	2	2	20	0.3

(二)脂肪

食用菌中的脂类低于5g/100g。脂类主要由必需脂肪酸组成,易吸收。大多数食用菌类有降血脂作用。木耳含有卵磷脂、脑磷脂和鞘磷脂等,对心血管和神经系统有益。

(三)碳水化合物(包括膳食纤维)

食用菌鲜品中的碳水化合物含量不高(小于10g/100g)。以多糖为主,香菇多糖对小鼠肉瘤抑制率很高,并可增强放化疗对胃癌、肺癌的疗效。银耳多糖可增强巨噬细胞的吞噬能力,提高人体免疫能力。

(四)维生素和矿物质

蘑菇等菌类含丰富的B族维生素,特别是尼克酸,还有丰富的Ca,Mg,Cu,Fe,Zn等多种矿物元素。近年还发现蘑菇提取液对治疗白细胞降低、病毒性肝炎等有显著疗效,很多蘑菇都存在类似抗菌素类物质。此外,蘑菇还有降胆固醇和防止便秘的作用。

三、藻类的营养特点

藻类含有丰富的蛋白质和糖类,脂肪含量很低,还含有多种维生素,包括胡萝卜素、核黄素、叶酸等,无机盐中K,Ca,Cl,Na,Mg常量元素和Fe,Zn,I等微量元素含量都很高,特别是Fe,I,Ca等相当高。藻类还富含膳食纤维3%～9%,有防止便秘的作用。藻类营养素含量见表6—6。

表 6—6　常见藻类(/100g)营养素含量

名　称	蛋白质/g	蛋白质密度/(g/4.18MJ)	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胡萝卜素/μg	硫胺素/mg
螺旋藻(干)	64.7	182	3.1	18.2	—	38 810	0.28
裙带菜(干)	25.0	210	1.7	41.5	40.6*	2 230	0.02
海带菜(鲜)	1.4	16	7.5	15.3	11.3	402	0.04
名　称	核黄素/mg	叶酸/μg	钙/mg	钾/mg	钠/mg	锌/mg	碘/μg
螺旋藻(干)	64.7	—	137	1506	1624	2.62	—
裙带菜(干)	25.0	29.6	947	335	4412	2.62	15 878
海带菜(鲜)	1.4	1.6	201	44	2512	4.93	923

注：* 裙带菜所含膳食纤维，其中可溶性为 8.3g、不溶性为 31.1g

第六节　畜、禽肉及水产类食品的营养特点

一、畜肉类的营养特点

(一)畜肉类组成

常见家畜类有猪、牛、羊等。畜体各部分的命名主要是以其骨骼为基础，大体分为头、躯体和四肢。畜肉的食品质量主要依据其胴体的成熟程度、脂肪花纹、肌肉坚实度以及色泽等 4 方面去衡量。肉类的食品质量在一定程度上可以反映其营养价值特点。

(二)营养价值特点

1. 蛋白质

大部分存在于肌肉组织中，含量约 10% ~20%，为优质蛋白质，但结缔组织(猪、牛等的蹄筋)中的间质蛋白质，缺乏色氨酸，其生物利用率低。观察表 6—7 可以发现，畜肉类食物蛋白质的含量与家畜的品种、年龄、部位和肥瘦程度等直接相关，在选择家畜类食品时，应尽量选择那些营养素密度高的食品。

表 6—7　常见畜类食物(/100g)营养素分布情况及蛋白质营养素密度

名　称	朊营养密度/(g/4.18MJ)	蛋白质/g	脂肪/g	胆固醇/mg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	Ca/mg	Fe/mg	Zn/mg	Se/μg
猪里脊	130	20	8	55	5	0.47	0.12	5.2	6	1.5	2.3	5.3
猪奶脯	22	8	35	98	39	0.14	0.06	2	5	0.8	0.7	2.2
猪蹄筋	226	35	1	79	…	0.01	0.09	2.9	15	2.2	2.3	10.3
猪脑	82	11	10	2571	…	0.11	0.19	2.8	30	1.9	1.0	12.7
肥牛肉	159	20	4	84	7	0.04	0.14	5.6	23	3.3	4.7	6.5

续表

名　称	朊营养密度/(g/4.18MJ)	蛋白质/g	脂肪/g	胆固醇/mg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	Ca/mg	Fe/mg	Zn/mg	Se/μg
瘦牛肉	191	20	2	58	6	0.07	0.13	6.3	9	2.8	3.7	10.6
牛蹄筋	226	34	1	—	…	0.07	0.13	0.7	5	3.2	0.8	1.7
肥羊肉	94	19	14	92	22	0.05	0.14	4.5	6	2.3	3.2	32.2
驴瘦肉	185	22	3	74	72	0.03	0.16	2.5	2	4.3	4.3	6.1
马肉	165	20	5	84	28	0.06	0.25	2.2	5	5.1	12.3	3.7
兔肉	193	20	2	59	26	0.11	0.1	5.8	12	2	1.3	10.9
野兔肉	198	17	2	48		0.21	…	…	23	7.4	7.8	10.4

2. 脂肪

脂肪含量因牲畜的肥瘦程度及部位不同有很大差异(5% ~40%)。由于家畜类食物主要以饱和脂肪酸为主,而且胆固醇相对较多,尤其是内脏,通常蛋白质营养素密度高的家畜类食物其脂肪的含量较低。

3. 碳水化合物

以糖原形式存在于肌肉和肝脏中,含量极少。

4. 矿物质

家畜类食物中钾含量很高,一般都在200 ~400mg/100g之间,其次含有较高量且易于消化吸收的铁,铁以血红素铁的形式存在,是膳食铁的良好来源。此外,锌、硒等含量也很高,但家畜类食品中钙含量低。而且过量摄取动物蛋白质后,还可能引起体内钙的流失。家畜肉类中含硫、磷、氯较多,是典型的成酸性食品。

5. 维生素

瘦肉类含有比较丰富的核黄酸、尼克酸,基本不含有视黄醇和维生素C。但内脏器官中大多富含B族维生素以及视黄醇,以肝脏中所含维生素最为丰富。因此,如果过量摄取动物肝脏,易导致因摄取过量视黄醇而出现中毒的病例。

6. 食氮风味物质

肉味鲜美是由于肉中含"含氮浸出物",能溶于水的含氮物如多肽、肌酸、肌苷、尿素、嘌呤碱以及游离氨基酸(谷氨酸、甘氨酸)等。这些含氮风味物质能促进胃液分泌,提高人们的食欲。

二、禽肉的营养特点

(一)禽肉类组成

常见的家禽类有鸡、鸭、鹅、火鸡、鹌鹑和鸽等。家禽的品质主要以其品种、生长年限和体重而定。常见家禽类食物的营养素含量见表6—8。

表6—8 常见家禽类食物(/100g)的营养素含量及其蛋白质的营养素密度

名称	朊营养密度/(g/4.18MJ)	蛋白质/g	脂类/g	胆固醇/mg	视黄醇/μg	核黄素/mg	尼克酸/mg	Ca/mg	Fe/mg	Zn/mg	Se/μg
鸡胸脯肉	146	19.4	5	82	16	0.13	10.8	3	0.6	0.5	10.5
鸡心	92	15.9	11.8	194	910	0.26	11.5	54	4.7	1.9	4.1
鸡血	159	7.8	0.2	170	56	0.04	0.1	10	25	0.5	12.1
鸡肫	163	19.2	2.8	174	36	0.09	3.4	7	4.4	2.8	10.5
肯德基	73	20.3	17.3	198	23	0.17	16.7	109	2.2	1.7	11.2
鸭	65	15.5	19.7	94	52	0.22	4.2	6	2.2	1.3	12.3
鸭胸脯肉	167	15	1.5	121	—	0.07	4.2	—	4.1	1.2	12.6
母麻鸭血	238	13.1	0.3	95	110	0.07		2	39.6	0.9	—
鸭肫	195	17.9	1.3	153	6	0.15	4.4	12	4.3	2.8	16.0
北京填鸭	22	9.3	41.3	96	30	—	4.2	15	1.6	1.3	5.8
盐水鸭	53	16.6	26.1	81	35	0.21	2.5	10	0.7	2.0	15.4
火鸡腿	220	20	1.2	58	—	0.06	8.3	12	5.2	9.3	15.5

(二)营养价值特点

1.蛋白质

按蛋白质的营养素密度排序发现,乌骨鸡、鹌鹑、家养鸡、圈养鸡等的蛋白质营养素密度比较高,肉鸽、鹅、鸭比较低,其中北京填鸭最低。这是由于北京填鸭的饲养方式导致该类鸭含脂肪达41.3%之多。家禽类食物中的蛋白质大部分是都是优质蛋白质,与畜肉类相比,结缔组织少,肌纤维细,肉更细嫩,更易消化吸收。

2.脂肪

家禽类所含脂肪量很不一致,从鹌鹑的3.1%,到北京填鸭的41.3%。而火鸡腿肉脂肪只含有1.2%。通常,对于鹅、鸭等生活在淡水中的家禽类,其脂肪中含有丰富的亚油酸(20%左右)和油酸(40%左右),这在营养学上是属于营养价值很高的食用脂类。

3.维生素

含有丰富的B族维生素,其中以核黄素、尼克酸、视黄醇和维生素E等较高。

4.矿物质

家禽类所含钙、磷、铁等均高于猪、牛、羊肉。由于家禽动物的生命周期较低(2~3个月),因此,通过饲养控制禽类食物中基本营养成分的量相对比较容易做到。

5.含氮鲜味物

家禽类食物的一大特征是味道鲜美,主要原因是由于家禽肉食物中含有较多的成鲜味物质—蛋白多肽、肌酸、肌苷、嘌呤碱和游离氨基酸等。一般含氮鲜味物与年龄有关,同一品种幼

禽肉汤中含氮鲜味物低于年老禽类,另外,与烹调时间、火候等也有关系。小火长时间煲要优于大火短时间煲或油炸处理。

三、水产类的营养特点

(一)水产类的组成

水产品是指从水中获得的食物,主要包括鱼类、虾类、蟹类、贝类以及其他软体水生物,如海参、海蜇、鱿鱼等。常见水产类营养素含量见表6—9,其余见附录2《常见食物成分表》。

表6—9 常见水产类(/100g)营养素含量

名称	蛋白质/g	脂肪/g	胆固醇/mg	视黄醇/μg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素E/mg
海参	6.0	0.1	50	11	0.03	0.3	
沙丁鱼	19.8	1.1	158	—	0.03	2.0	0.3
海虾	16.8	0.6	117		0.05	1.9	2.8
鲜贝	15.7	0.5	116	…	0.21	2.5	1.5
河蚌	10.9	0.8	103	243	0.18	0.7	1.4
河虾	16.4	2.4	240	48	0.03	…	5.3
墨鱼	15.2	0.9	226		0.04	1.8	1.5
鲢鱼	17.8	3.6	99	20	0.07	2.5	1.2
梭子蟹	15.9	3.1	142	121	0.3	1.9	4.6
螺	15.7	1.2	—	26	0.4	1.8	7.6
海鳗	18.8	5.0	71	22	0.07	3.0	1.7
淡菜	11.4	1.7	123	73	0.22	1.8	14.0
鳊鱼	18.3	6.3	94	28	0.07	1.7	0.5
河鳗鱼	18.6	10.8	177	—	0.02	3.8	3.6
海蜇	6.0	0.3	10	14	0.04	0.3	2.8

名称	Ca/mg	P/mg	K/mg	Na/mg	Mg/mg	Fe/mg	Zn/mg	Se/μg
海参	240	10	41	80.9	31.0	0.6	0.3	5.8
沙丁鱼	184	183	136	91.5	30.0	1.4	0.2	49.0
海虾	146	196	228	302.2	46.0	3.0	1.4	56.4
鲜贝	28	166	226	120.0	31.0	0.7	2.1	57.4

续表

名 称	Ca /mg	P /mg	K /mg	Na /mg	Mg /mg	Fe /mg	Zn /mg	Se /μg
河蚌	248	305	17	17.4	16.0	26.6	6.2	20.2
河虾	325	186	329	133.8	60.0	4.0	2.2	29.7
墨鱼	15	165	400	165.5	39.0	1.0	1.3	37.5
鲢鱼	53	190	277	57.5	23.0	1.4	1.2	15.7
梭子蟹	280	152	208	481.4	65.0	2.5	5.5	91.0
螺	722	118	167	153.3	143.0	7.0	4.6	37.9
海鳗	28	159	266	95.8	27.0	0.7	0.8	25.9
淡菜	63	197	157	451.4	56.0	6.7	2.5	57.8
鳊鱼	89	188	215	41.1	17.0	0.7	0.9	11.6
河鳗鱼	42	248	207	58.8	34.0	1.5	1.2	33.7
海蜇	120	22	331	467.7	114.0	5.1	0.4	16.6

(二)营养价值特点

1. 蛋白质

鱼、虾、蟹、贝类含蛋白质10%~20%,从蛋白质的营养素密度而言,大多数水产品都比其他动物性食物高。水产类肌纤维细而短,肌纤维中的结缔组织少,较畜肉鲜嫩易消化。从氨基酸组成来看,与肉类相似,是膳食蛋白质的良好来源。水产蛋白中赖氨酸丰富,特别适合儿童和老年人食用。

2. 脂肪

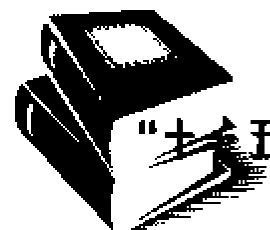
水产类脂肪含量除河鳗鱼含脂肪约10%以外,其余均约为1%~4%,主要由多不饱和脂肪酸组成,熔点低,消化吸收率达95%。海鱼中含有丰富的多不饱和脂肪酸EPA、DHA。鱼籽和鱼肝的胆固醇含量较高。

3. 矿物质

微量元素含量高,总的矿物质高于畜肉类,约1%~2%,其中K,Na,P,Ca,Mg,Fe,Zn均较丰富;海鱼还含有丰富的I和Co。其中牡蛎是Zn和Cu含量最高的海产品。钙的含量也较高。

4. 维生素

水产类物质是人类所需的视黄醇、核黄素、尼克酸和维生素E的良好来源,海鱼肝脏富含维生素D。鳝鱼、海蟹、河蟹等含有丰富的核黄素;生的水产类中含硫胺素酶,如果经常食用生水产类食物或在生的状态下放置过久,可破坏食物中的硫胺素,所以鲜水产应尽快加工,避免吃生水产,以减少硫胺素的损失。



第七节　乳及乳制品的营养特点

一、乳的营养特点

乳类主要由水、乳糖、水溶性盐类、维生素、蛋白质等构成的多级分散体系的乳胶体。比重与脂肪含量可作为评定鲜奶质量的指标。表6—10列出了常见乳类的营养素含量。其余见附录2《常见食物成分表》。

表6—10　常见乳类(/100g)的营养素含量及蛋白质密度

名　称	朊营养密度/(g/4.18MJ)	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	胆固醇/mg	视黄醇/μg	核黄素/mg	Ca/mg	Fe/mg	Zn/mg	Se/μg
鲜羊乳	25	1.5	3.5	5.4	31	84	0.12	82	0.5	0.3	1.8
母乳化奶粉	28	14.5	27.1	51.9		303	1.16	251	8.3	1.8	71.1
全脂羊乳粉	38	18.8	25.2	49.0	75		1.60				
婴儿奶粉	45	19.8	15.1	57.0	91	28	1.25	998	5.2	3.5	23.7
全脂加糖奶粉	46	22.5	23.4	47.4		183	0.26	495	0.7	2.3	7.5
奶酪(干酪)	78	25.7	23.5	3.5	11	152	0.91	799	2.4	7.0	1.5

(一)蛋白质

乳中蛋白质含量约1.5%~3.0%,消化吸收率约87%~89%,以酪蛋白为主占86%,其次是乳清蛋白11%,乳球蛋白3%,三者均为完全蛋白质(含全部必需氨基酸),生物价仅次于鸡蛋。

而人乳是婴儿最佳的天然食物。在初乳(分娩1周内的乳汁)中,不论是人乳还是其他哺乳动物的乳汁,含有丰富的免疫球蛋白,主要是分泌型的IgA,它对提高婴儿消化道的抵抗力非常重要。因此提倡母乳喂养。

(二)脂肪

奶中脂肪含量约为3.0%左右,呈较小的微粒分散于乳汁中,这种微粒表面包裹一层薄薄的水化蛋白膜,易于消化、吸收,吸收率达98%。乳脂中油酸含量占30%,亚油酸和亚麻酸分别占5.3%和2.1%,因此,乳脂是一种优质脂类。乳汁静置一段时间,会聚集成奶油浮于上层,奶脂中含一定量的低中级脂肪酸、必需脂肪酸和卵磷脂,并有脂溶性维生素。对于血脂正常的健康人,尽量选择全脂乳品食用,这对健康十分有益。

(三)碳水化合物

奶中碳水化合物主要为乳糖,牛乳中的乳糖(4.5%)低于人奶(7%)。乳糖可有效地调节胃酸、促进胃肠蠕动、利于钙的吸收和消化液分泌作用、有助于肠乳酸菌的繁殖、抑制致腐败菌

的生长等。对于乳糖不耐的人群，最好选择酸乳，因为酸乳中部分乳糖已经被分解。

(四)矿物质

乳类富含钙、磷、钾。乳类是人类营养所需钙的最好来源，在当今大力提倡补钙的时代，其实只要尽量多摄取些乳制品，就是最好的补钙途径。通常，每人每日摄取500mL乳制品，再结合其他食物的摄取，基本就能满足机体的需要。不论是人乳还是其他动物乳，其中所含铁量不高，因此，对于婴儿来说，需要注意额外补充铁，以防缺铁性贫血的发生。

(五)维生素

乳中含有人体所需的所有维生素，其中以维生素A、核黄素等为主。但总体而言，含量不高，尤其是维生素D，在乳类中很低。对于动物乳类，其所含维生素的量与季节、饲料直接相关。

二、乳制品的营养特点

奶制品包括消毒鲜奶、奶粉、炼乳、酸奶、奶油、奶酪等。

(一)浓缩乳或淡炼乳

鲜牛奶在蒸发器中加热浓缩后去一半水分制成，经高压加热使蛋白质遇酸时不致凝成大块，脂肪球被击破与蛋白质结合，所以比牛奶易消化，加等量水则与鲜奶同。

(二)甜炼乳

鲜牛奶蒸发浓缩后加入大量蔗糖以抑制其中部分细菌的生存，糖分高，使用前需加大量水冲淡，其他营养素浓度下降，不适于婴儿。

(三)全脂奶粉

鲜奶去水分后制成，便于携带保存，其脂肪、蛋白质均比鲜奶易消化，只有赖氨酸利用率降低。

(四)脱脂奶

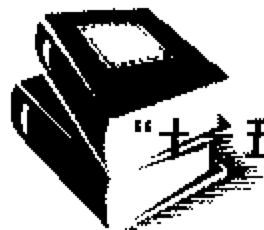
去掉了奶油的牛奶，失去了脂溶性维生素。含有全奶的大部分蛋白质，近于全部的Ca和维生素B族。脱脂奶脱水制成脱脂奶粉。

(五)酸奶

全(脱)脂鲜奶加乳酸菌发酵制成。酸奶易消化，能阻止肠内有害菌的繁殖，对缺乏胃酸者、乳糖不耐症患者或老年人更为有益。

第八节　蛋类的营养特点

各种禽蛋在营养成分上大致相同，食用较普遍的有鸡蛋。其营养价值高，且适合各种人



群,包括成人、儿童、孕妇、乳母及病人等。表6—11列出了常见蛋类营养素含量及蛋白质密度。其余见附录2《常见食物成分表》。

表6—11 常见蛋类(/100g)营养素含量及蛋白质密度

名 称	朊营养密度/(g/4.18MJ)	蛋白质/g	脂肪/g	胆固醇/mg	视黄醇/μg	核黄素/mg	Ca/mg	Fe/mg	Zn/mg	Se/μg
鸡蛋(红)	82	12.8	11.1	585	194	0.32	44	2.3	1.0	15.0
松花蛋	83	14.2	10.7	608	215	0.18	63	3.3	1.5	25.2
土鸡蛋	104	14.4	6.4	1338	199	0.19	76	1.7	1.3	11.5
鸡蛋白	193	11.6	0.1	—	—	0.31	9	1.6	0.0	7.0
鸡蛋黄	46	15.2	28.2	1510	438	0.29	112	6.5	3.8	27.0
鸭蛋白	211	9.9		—	23	0.07	18	0.1	-	4.0

1.蛋白质

蛋类的蛋白质是天然食品中最优良的蛋白质,蛋黄、蛋清生理价值都极高,氨基酸之间的比例与人体需要模式相似,生物利用率极高,在营养学研究中常将鸡蛋蛋白作为参考蛋白。

2.脂肪

脂肪都在蛋黄中,蛋清几乎不含脂肪。蛋黄中的脂肪为乳融状,易于消化吸收。鸡蛋脂肪中有大量磷脂和胆固醇。

3.无机盐

无机盐主要存在于蛋黄中,有P,Mg,Ca,S,Fe,Cu,Zn,F等。钙不及牛奶多,铁含量高于牛奶,不过其生物利用率不高。

4.维生素

大部分集中于蛋黄,有视黄醇、维生素D、核黄素和少量的硫胺素、尼克酸等。

5.鸡蛋的消化与烹调

蛋类制熟后易消化。不熟的鸡蛋存在以下问题:一是生蛋清中含抗生物素蛋白,能使生物素失活,出现生物素缺乏症,影响机体的生长发育和健康;二是蛋白质未经消毒不卫生且蛋白质未变性不利消化吸收。

6.常见蛋制品

(1)咸蛋:用10%盐水泡制或黏土敷裹在表面约30d,成分与鲜蛋相同。

(2)松花蛋:制作中加碱使蛋清呈暗褐透明,蛋黄褐绿,这种处理方法可使蛋中的B族维生素受破坏。

第九节 调味品类及其他

调味品是一类可以改善食品风味、色泽等的一类食品添加剂。表6—12列出了常见调味品的营养素和含量。

1.食用油

有动物体脂的烹调油和植物种子油。食用油脂的主成分为甘油三酯,是高能食品,供主富能量并延长食物在胃中的停留时间,产生饱腹感。植物油提供人体必需脂肪酸并有助于脂溶维生素的吸收,植物油较动物油脂易消化吸收。黄油来自牛奶的脂肪,含有脂溶性维生素,为其他植物油所缺少。人造黄油则是由植物油通过氢化还原反应生产而来。现在研究发现,利用当今的生产技术制成的人造黄油,会产生较多的反式脂肪酸,主要是反油酸。这种反式脂肪酸与心血管病可能具有较大的相关性。

表6—12 常见调味品(/100g)的营养素含量

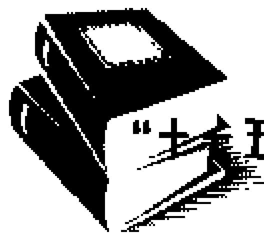
名称	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胡萝卜素/μg	Ca/mg	P/mg	K/mg	Na/mg	Mg/mg	Fe/mg	Zn/mg	Se/μg
八角	75	43	40	41	64	202	14.7	68	6.3	0.6	3.1
胡椒粉	77	2	60	2	172	154	4.9	128	9.1	1.2	7.6
花椒	67	29	140	639	69	204	47.4	111	8.4	1.9	2.0
芥末	35	7	190	656	530	366	7.8	321	17.2	3.6	69.0
辣椒粉	58	44	18 740	146	374	1358	100.0	223	20.7	1.5	8.0
五香粉	73	5		181	66	1138	27.2	88	34.4	2.8	5.7
小茴香	56	34	320	751	336	1104	79.6	336	0.9	3.5	2.0
味精	27	—	—	100	4	4	8160.0	7	1.2	0.3	1.0
酵母(鲜)	24	—	—	9	409	448	13.6	54	7.1	3.1	2.8
白芷	74	5	—	3	118	100	27.4	19	4.4	0.8	3.4
薄荷(鲜)	7	5	1277	341	99	677	4.5	133	4.2	0.9	—
五味子叶	15	2	5080	363	22	—	—	—	6.6	—	—
陈皮	79	21	408	82	85	186	21.0	113	9.3	1.0	4.4
丁香	67	17	—	137	10	47	122.1	—	0.2	1.0	12.6
甘草	75	39	—	832	38	28	154.7	337	21.2	5.9	4.7
高良姜	62	43	—	75	8	87	7.5	—	0.5	5.0	12.6
肉豆蔻	43	14	—	42	26	61	25.6	—	1.3	1.5	0.5
肉桂	72	40	—	88	1	167	0.6	—	0.4	0.2	0.8

2.食盐

食盐主要成分为NaCl,未精制粗盐带少量I,Mg,Ca,K等,海盐含碘较多。正常人约需食盐5~6g/d,但目前我国居民的食用量约12~16g/d。过量摄取食盐与高血压有较强的相关性。

3.酱油

由脱脂大豆(或豆饼)外加小麦(或麦麸)等酿造而成。常用于食物烹调、加工时调色调香。酱油成分十分复杂,其中有少量蛋白质、游离氨基酸、钙、镁、钾、硫胺素、核黄素等。



4. 食醋

用谷类淀粉或果实、酒糟等经醋酸菌发酵酿造而成,含乙酸3% ~4%,还含有少量乳酸、乙醇、甘油、糖、酯类和氨基酸等,有调味促食欲作用。

5. 酒

由谷类淀粉经过酿酒酵母发酵而成。酒中有酒糟和糖类。一般白酒是将发酵形成的酒醅再经蒸馏而成,体积分数达40% ~60%,属烈性酒。发酵酒有黄酒、葡萄酒、啤酒、果酒等,酒精含量低于15%(啤酒仅3.6%)。

6. 食糖

日常用的多为蔗糖(99%纯碳水化合物),只供能量,缺乏其他营养素,是一种纯能量食品。红糖未经精炼,碳水化合物约94%,有铁、铬及少量其他无机盐。值得注意的是,目前所谓的精制红糖实际上是将白糖加热熬制成焦糖色制成。

7. 蜂蜜

蜂蜜含碳水化合物约80%,主要为果糖和葡萄糖。除供能量外,还有少量无机盐如Ca,K,Fe,Cu,Mn等,少量核黄素、生物素和维生素C等,还有多种酶,有增强人体代谢及润肠功能。

8. 淀粉

烹调所用淀粉有豆、土豆或白薯淀粉,还有藕粉、菱粉、荸荠粉等皆为纯的碳水化合物(85%),其他营养素极少(粉条、粉皮均由此制成)。

9. 味精

谷氨酸钠盐,国产味精多以粮食(淀粉)为原料,经微生物发酵制成。

10. 茶与咖啡

茶是我国的传统饮料,有丰富的营养成分及活性成分,其含咖啡碱可使中枢神经系统兴奋并有舒张血管和利尿的作用。咖啡是由咖啡豆经焙烤磨碾而成,含咖啡碱、鞣酸及较多钾盐,有兴奋神经和利尿的作用。可乐型饮料含有咖啡因。

11. 可可及巧克力

可可粉及巧克力均来自可可豆,但二者成分不尽相同。可可豆先经处理,磨碾成稠汁,凝成块状的可可豆脂即苦味巧克力,脂肪含量很高。牛奶巧克力糖是在可可豆脂中加牛奶和蔗糖制成,含较多的脂肪和糖,少量蛋白质,为高热能食品。可可粉是在处理过的可可豆磨成稠汁尚未凝固成块之前,去掉约一半脂肪,再制成可可粉作为调味料加于牛奶、点心、饮料中以增加香味。



思考题与习题

1. 何谓血糖指数(GI)、食物利用率、碱性食物以及酸性食品?
2. 怎样评判食品的营养价值?
3. INQ的计算公式及其营养学意义是什么?
4. 为何不提倡食用过分精白的米面?
5. 大豆及其制品有哪些营养特点?
6. 大豆中的抗营养因素有哪些?

7. 鸡蛋蛋白具有哪些优点?

8. 简述牛奶的营养特点?

9. 为什么每日应食用一定量的蔬菜、水果类食物?

10. 畜禽肉的营养价值如何?

11. 以谷类为主食有何优点和不足?

12. 试依据谷类食物的蛋白质构成特点,分析提高谷类食物营养价值的途径有哪些。



第七章　加工、贮藏对食品营养价值的影响

学习目的与要求

1. 了解加工过程中食品营养价值的变化；
2. 了解不同加工方式对食品营养价值的影响。
3. 了解贮藏中食品营养价值的变化；
4. 了解不同贮藏方式对食品营养价值的影响。

人类的食物除少数物质如盐类外，几乎全部来自动植物，这些食物原料易腐败，需要进一步进行各种加工处理，才便于保藏和运输，以满足各种特殊需要。我国食品的加工保藏历史悠久，创造了许多优良的食品品种和加工方法，积累了丰富的经验，如我国生产的火腿，在公元13世纪就传到欧洲，还有四川传统名菜泡菜和重庆的涪陵榨菜等。随着食品工业的迅速发展，新的食品类型不断出现，如方便食品、模拟食品、婴儿食品、疗效食品等不断问世，而食品在加工保藏中由于营养成分的稳定性等不同，营养价值有升有降，只有掌握全面系统的营养学知识，才能降低营养素的破坏和损失，并较大程度地提高食品的营养价值。

第一节　食品营养价值在加工中的变化

无论是动物性食品还是植物性食品，一般都需要经过加工才可食用。食品加工的目的通常是为了杀灭微生物或钝化酶以保护和保存食物、破坏某些营养抑制剂和毒性物质、提高消化率和营养价值、增加方便性以及维持和改善感官性状等。但是在追求食品加工的这些作用时，常带来一些加工损害的不良影响。而我们今天的食品，大多要经过不同方式的加工，对于如何保持它们良好的营养价值，使之不受影响，更为人们所重视。

食品加工方法多种多样，大致可归纳为加热、冷冻、发酵、盐渍、糖渍等，在这些物理、化学和生物因素的作用下，食品中原有的营养价值发生了一定的消长变化。

一、加工前处理对食品中营养素的影响

(一)植物性食品

1. 清洗与整理

食品加工前必须进行清理、修整和漂洗等处理。植物性食品在进行修整时，营养素的损失一般高于其重量损失，原因是水果、蔬菜的外皮和皮下组织是生物代谢最活跃的部位，维生素含量比其他部位高。如苹果皮的维生素C比果肉高3～10倍(核黄素和烟酸含量也一样)；柑橘皮维生素C比汁液高；蔬菜叶维生素含量通常外层高于内层，如莴苣外部的青叶虽比内部的

嫩叶老，但其钙、铁和胡萝卜素含量比嫩叶高；而圆白菜外面的绿叶胡萝卜素含量为内层白色叶的21倍，铁为3倍，维生素C为1.5倍。

蔬菜、水果没有受到任何机械性损伤时，在清洗过程中维生素的损失很少，但在经过修整、剪切等前处理后再清洗，可引起酶促褐变反应以及促进水溶性营养素的大量丢失。如蔬菜在修整和浸泡中，水溶性维生素和无机盐损失可分别达60%和35%，这取决于浸泡时间和浸泡水温。

蔬菜、水果切片或切碎后在空气中放置，维生素损失较大，如苹果、桃子和黄瓜切片后放置1h，维生素C损失率分别为32%、34%和35%。但对胡萝卜素和烟酸基本没有影响。食品中Fe^{2+}不稳定，最终氧化为Fe^{3+}，可与植酸和草酸结合成不溶性的植酸铁和草酸铁，使吸收使用率降低。

粮谷类富含淀粉，烹调前的洗涤、沥滤可使单糖、双糖和某些多糖受到一定损失，但此种损失对其所含的总糖来说，一般并不重要。粮谷类所含的B族维生素及无机盐易溶于水，如果洗涤方法不合理，营养素损失会更大。例如，平常家庭淘米损失维生素B_1可达26%～29%、维生素B_2和烟酸可达23%～25%，无机盐70%，蛋白质、脂肪和碳水化合物损失分别为15.7%、42.6%和2.0%。所以，淘米时要避免过分搓揉、减少淘米次数和米在水中浸泡的时间，更不要用热水浸泡。蒸饭或焖饭比去掉米汤的捞饭损失的营养素少。最好推广清洁米。

2. 烫漂与沥滤

蔬菜、水果在装罐、冷冻和脱水前大多要烫漂，以钝化引起质量下降的酶或驱除组织中气体，防止杀菌时鼓罐。烫漂损失受下列因素的影响：

(1)食品种类和维生素的不同

食品单位质量的表面积越大，损失越多。如菠菜表面积大，在热烫后各维生素损失率均比青豆和豌豆高，见表7—1。维生素中维生素C和维生素B_1对热不稳定，损失相对大；而维生素K、维生素B_2、烟酸和生物素等通常较稳定。

表7—1 一些蔬菜焯烫后部分维生素的平均损失率 %

食物名称	维生素B_1	维生素B_2	烟　酸	维生素C
青　豆	9	5	7	26
豌　豆	12	25	27	24
菠　菜	23	19	39	39
芦　笋	8	10	5	5

(2) 产品成熟度

产品成熟度不同，烫漂中营养素保存情况不同，如青豆成熟度越高，烫漂时维生素C和维生素B_1保存率就越高。

(3) 烫漂类型

采用不同烫漂方式，营养素损失不同，一般沸水烫漂的营养素损失高于蒸气烫漂，而微波处理损失较少。如猕猴桃和草莓热烫处理，以微波处理的维生素C保存率明显高于蒸汽热烫。在保证软化效果的前提下，其中微波处理80s的草莓，还原型维生素C保存率在93%以上，明



显高于蒸汽处理 4~10min 的保存率 75.63%~86.13%。此外,烫漂或蒸煮时,若与水接触则食品中的矿物质损失可能很大(沥滤的结果)。硝酸盐的损失无论从防止罐头腐蚀和对人体健康来说都是有益的。

(4) 烫漂时间和温度

食品营养素保存情况与烫漂时间和烫漂温度有关,烫漂时间越长,损失越大。通常短时高温比长时低温所致营养素的损失少。如青豆在 71℃ 和 99℃ 分别烫漂 2min 和 6min,维生素 C 以 99℃ 烫漂处理 2min 保存最多,因为高温可迅速驱除氧气并钝化酶活性。

(5) 冷却方法

烫漂后的冷却方法影响营养素保存情况。空气冷却比水冷却损失要小。当蒸汽烫漂用空气冷却时无需喷淋或浸渍,沥滤损失可减到最小。烫漂时维生素的损失主要由食物切口或对敏感表面的抽提、沥滤及水溶性维生素的氧化和加热破坏所引起,包括水洗、水流槽输送、冷却和沥滤等。烫漂期间水溶性维生素的损失一般在 0%~60%(沥滤和热破坏所致)。当用蒸汽或微波烫漂,空气冷却时可使这一损失减到最小约 5%~10%。

尽管烫漂可引起维生素的损失。但烫漂本身是食品保存维生素的一种方法,如青豆贮藏中采用烫漂处理后维生素 C、维生素 B_1 和维生素 B_2 分别损失 50%、20% 和 30%,而未烫漂贮藏的损失可达为 90%、70% 和 40%。同在 -20℃ 贮存 1 年后,烫漂处理的维生素 C 保存更好。

(二)动物性食品

肉类食品在去骨整形后常采用盐腌处理以进一步加工,盐腌对肉类维生素 B_1、维生素 B_2 以及烟酸的影响较小,损失率仅 1%~5%,对蛋白质质量基本无不利影响。但肉类食品在腌制处理时常加入亚硝酸盐,以呈现鲜亮稳定的颜色和抑制肉毒梭状芽孢杆菌的生长及形成特有的风味。在腌肉时,亚硝酸盐可与肉中仲胺或叔胺(肉中蛋白质自动分解或细菌作用或烹调形成)等胺类反应,形成亚硝胺等对人体有一定危害的物质,这些胺类物质与亚硝酸盐的反应可在食品烹调时发生,也可在胃中酸性减弱时发生,所产生的亚硝胺或亚硝酰胺,特别是二甲基亚硝胺是强致癌物。但 *N*-亚硝胺反应可被某些还原剂和抗氧化剂部分抑制,所以肉类腌制时加适量维生素 C 不但可促进发色,还可抑制亚硝胺的形成。

二、热处理加工对食物中营养素的影响

加热是食品加工中最常用的环节。工业上的热处理加工包括烫漂、巴氏消毒、高温杀菌和烹调等。热加工可延长食品的保存期、改善食品的感官性状(如色、香、味、形)、杀灭微生物、钝化酶活性、提高营养素的利用性(淀粉糊化、蛋白质热变性等)以及破坏某些对人体有害的成分(如豆类中的胰蛋白酶抑制剂等抗营养因子)等。但不管具体加热方法如何,热处理均可使食品中营养素发生不同程度的损失,主要是维生素和蛋白质的破坏。其损失率取决于食品的品种和维生素的种类、热处理温度和时间、传热速度、食品 pH、加热期间氧含量及有无金属离子催化剂等。

(一)加热对食品营养价值的影响

1. 有利作用

(1)加热可提高蛋白质的消化率,原因是食物蛋白质加热变性后原来被包裹有序的结构显

露出来，便于蛋白酶作用。生鸡蛋、胶原蛋白及某些来自豆类和油料种子的植物蛋白等，若不先经加热使蛋白质变性则难于消化。如生鸡蛋蛋白质消化率仅50%，而熟鸡蛋的消化率几乎为100%。蔬菜和谷类的热加工，除了软化纤维性多糖、改善口感外，也提高了蛋白质的消化率。

(2)加热可使淀粉颗粒膨胀，易受消化酶作用，从而提高消化率。

(3)加热可杀灭食物中的微生物和钝化引起食品败坏的新鲜食物中的酶，使营养物质免遭氧化分解和损失。

(4)加热可破坏食品中的天然有毒蛋白质，如某些毒性物质、酶抑制剂和抗维生素因子等而使其营养价值大为提高。如加热可破坏生鸡蛋清中的抗生物素、生大豆的胰蛋白酶抑制剂和植物血球凝结素。大豆在0.14MPa蒸汽压下10min即可使天然毒物失活。此外，许多谷类食物如小麦、黑麦、荞麦、燕麦、大米和玉米等也都含有一定的胰蛋白酶抑制剂和天然毒物，并可因加热而破坏。

2. 不利作用

加热对食品营养价值的不利作用主要表现在氨基酸和维生素的破坏。

一些必需氨基酸如赖氨酸、胱氨酸、色氨酸和精氨酸易受热的破坏，尤其赖氨酸的 $\varepsilon-NH_2$ 在美拉得反应中与还原糖作用，形成 $\varepsilon-N-$去氧铜糖赖氨酸，不能被人体吸收利用，使蛋白质生物效价降低。如糕点在200℃烘烤15min，赖氨酸、苯丙氨酸、丙氨酸和丝氨酸被破坏5%～17%，使生物价下降。糖的存在可增加赖氨酸损失量。牛奶在巴氏消毒时不影响氨基酸利用率，但传统的杀菌方法可使其生物价下降约6%，同时赖氨酸和胱氨酸含量分别下降10%和13%。肉类罐头在加热杀菌时由于热传递比乳更困难，杀菌后胱氨酸的损失可达44%，原因是由于脱硫反应形成不稳定的脱氢丙氨酸残基，然后与蛋白质中的赖氨酸形成赖丙氨酸等，可降低蛋白质消化率和氨基酸的可利用性。

加热可影响天然蛋白质分子的空间排列。一般认为加热对蛋白质营养价值的影响主要是在多肽链内部和肽链之间产生了许多对抗蛋白酶作用的交联键，掩蔽了蛋白酶的作用位置而降低了酶水解的程度，间接影响蛋白质的营养价值。不过实验中为使结果明显，加热多超过通常食品热加工时间的几倍(12～27h，100～145℃)。但无可置疑，食品加工时延长热处理时间可降低蛋白质消化性，改变氨基酸的释放和利用，使蛋白质营养价值下降。一般的热加工对蛋白质的营养价值损失很少，在相当于家庭烹调的中等热处理时，肉、鱼的营养价值都无显著下降，其消化率和营养价值的下降通常在10%以下，蛋氨酸和赖氨酸的可利用性降低也很小。

油脂长时间加热，营养价值下降。一是亚油酸损失，二是油脂中的类胡萝卜素、维生素A、维生素E大部分被破坏，特别是维生素破坏最显著。短时高温比长时低温损失少一些，热处理后迅速冷却可降低损失。

(二)不同加热方式对食品营养价值的影响

1. 热烫

蔬菜、水果加工成罐头时，需进行热烫处理以钝化某些酶、稳定色泽、改善风味，并排除组织中空气，便于装罐。热烫一般采用的温度是82～100℃，时间2～5min，热烫时某些水溶性维生素由于沥滤有一定损失。浸在热水中或暴露在热蒸汽中都可达到热烫的目的，但采用蒸汽热烫损失低于焯烫，如菠菜采用蒸汽热烫2.5min，维生素C损失率仅3%，豌豆蒸汽热烫6min，

维生素C基本无损失。

2. 灭菌加热

由于原料不同,采用灭菌方法不同,常用的有巴氏灭菌、高温灭菌、超高温瞬时灭菌、高压蒸汽灭菌等。温度普遍在85℃以上,灭菌温度越高、时间越长、维生素损失越大、蛋白质变性越严重。

(1)对维生素的影响

加热灭菌对维生素的影响与维生素的种类有关,脂溶性的维生素A、维生素D和维生素E热稳定性相对较好,水溶性维生素B_2对热稳定,而其他的水溶性维生素,如维生素B_1、维生素B_6、维生素B_{12}、叶酸和维生素C对热敏感,并以维生素C和维生素B_1损失相对大。在灭菌加热中采用直接法超高温瞬时灭菌和巴氏灭菌均可减少维生素的损失,如表7—2、表7—3。

表7—2 一些蔬菜、水果加热灭菌后部分维生素的平均损失率 %

食物名称	维生素B_1	维生素B_2	烟酸	维生素C	胡萝卜素
青豆	29	4	8	45	13
豌豆	46	18	35	23	3
菠菜	76	24	22	48	0
番茄	4	0	2	7	20
黏核桃	24	0	6	24	4

表7—3 不同热处理加工几种水溶性维生素的损失率 %

热处理工艺	维生素C	维生素B_{11}	维生素B_{12}
巴氏杀菌法($n^*=7$)	12.8	7.3	4.6
直接加热超高温($n=9$)	17.7	19.6	16.8
间接加热超高温($n=17$)	31.6	35.1	30.1
PE瓶灭菌($n=12$)	50.0	45.6	36.5
玻璃瓶灭菌($n=8$)	66.5	54.8	39.0

注:$*n$为样品数量。

(2)对矿物质的影响

热处理对矿物质的影响很小,在各种热处理下,矿物质成分也没有显著变化。如牛乳巴氏灭菌加热后可溶性钙和磷酸盐有所减少,但加热时向胶体相转移的钙和磷酸盐,在加热后冷却过程中又逐渐恢复原来的状态。用超高温瞬时灭菌可使牛乳钙离子浓度约减少11%,在室温下保藏时其可溶性钙继续缓慢下降。但加热对乳中钙的吸收率没有影响。

(3)对蛋白质的影响

各种热处理对蛋白质、氨基酸有一定影响,并以传统的巴氏灭菌和直接法超高温瞬时灭菌对牛乳蛋白质营养价值影响较小,如表7—4所示。

表 7—4　不同热处理对赖氨酸的损失率　%

热处理工艺	平均损失	最小损失	最大损失	标准差
巴氏杀菌法（n* =9）	2.0	0	5.8	1.8
直接加热超高温（n =10）	4.3	1.4	7.7	2.4
间接加热超高温（n =18）	6.5	1.9	19.9	6.0
PE 瓶灭菌（n =12）	8.9	6.0	24.5	6.2
玻璃瓶灭菌（n =9）	11.3	8.1	26.1	6.5

注：* n 为样品数量

长时加热可导致美拉德反应，引起赖氨酸的损失。肉类罐头采用高温长时灭菌（105 ~ 108℃，50 ~ 90min），蛋白质除变性外还有部分发生交联作用及美拉德反应，使胱氨酸、蛋氨酸和赖氨酸的有效利用率降低，如牛肉罐头灭菌后蛋白质的消化率由 98% 降到 94%，生物价由 86% 降至 79%。不过大多数植物蛋白质在杀菌时可提高其生物价，这主要是加热提高了植物蛋白消化率、破坏了植物中天然存在的抗营养因子，但过度加热也会使营养价值下降，如表 7—5。采用高温短时加热、搅动高压蒸气灭菌和降低容器的含氧量等，可使营养素的损失降到最小。对矿物质来讲，罐头加热杀菌可使物料中矿物质流失在汤中，食用时如不丢弃汤汁，总量并未损失；某些鱼类罐头由于加热杀菌的时间长，以至鱼骨酥软，还可提高骨中钙、磷等矿物质的利用率。

表 7—5　加热灭菌对豆乳蛋白质质量的影响

加热方法	温度/℃	持续时间/min	胰蛋白酶抑制剂保存率（%）	有效赖氨酸/（g/16gN）	豆乳蛋白质 PER
蒸煮	121	0	100	6.0	0.65
	121	8	16	5.7	2.20
	121	32	5	5.6	1.97
喷雾干燥	166		10	5.4	2.22
	277		4	4.9	1.99
	316		3	1.9	0.16

（4）对脂肪的影响

热处理对脂肪含量及脂肪酸组成有一定影响，如方便米饭所含脂肪总量仅为原料大米的 1/3，其中原料大米经蒸煮工序后脂肪含量减少近 1/3，而蒸煮米饭经干燥工序后脂肪含量又减少近半。方便米饭与原料大米相比，油酸、棕榈酸量增加，亚油酸量减少，如表 7—6 所示，即在方便米饭的热处理加工中，脂肪酸的变化以不饱和脂肪酸氧化分解为主，表现为脂肪酸饱和度升高。

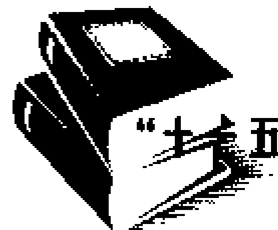


表 7—6 方便米饭生产过程中脂肪酸质量分数的变化 %

脂肪酸组成	亚油酸	油酸	棕榈酸
原料大米	41.38	28.66	23.37
蒸煮米饭	38.06	27.49	28.55
方便米饭	32.05	33.42	25.73

三、碱处理加工对食物中营养素的影响

制作面条、松花蛋等食品时,加入食品中的碱对蛋白质影响很大,碱可使许多氨基酸发生异构化而使营养价值下降。用碱处理蛋白质时可使许多氨基酸残基如蛋氨酸、赖氨酸、半胱氨酸、丙氨酸、谷氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸和天冬氨酸发生异构化,使之由 *L* 型转变为 *D* 型,游离的 *D* - 赖氨酸和许多其他 *D* - 氨基酸几乎没有营养价值;异构化可部分地抑制蛋白质的水解消化作用使营养价值下降。

在碱处理时蛋白质还可发生某些其他的结构变化,在其分子间或分子内形成交联键,生成新的氨基酸如赖丙氨酸,妨碍蛋白质的消化吸收,降低赖氨酸的利用率从而降低蛋白质的营养价值。如大豆在 pH = 12.2、40℃下加热 4h,上述氨基酸下降,赖氨酸与丙氨酸结合成几乎不被人体吸收利用的赖氨基丙氨酸。

碱性条件还会破坏维生素,特别是 B 族维生素和维生素 C;反之,烹调时加食醋等酸性成分除能促进食欲外,还能保护维生素 B_1、维生素 B_2 和维生素 C 免遭破坏,使骨中无机盐溶出,提高食品的营养价值。

四、脱水加工对食物中营养素的影响

脱水是食品加工保藏的主要方法。原理是脱除水分、抑制微生物的腐败作用。脱水可大大减少食品的质量和体积。应用脱水处理的食品有水果、蔬菜、肉、鱼、奶、蛋等。工业上有许多不同的食品脱水或干燥方法,如烘房干燥、隧道式干燥、滚筒干燥、喷雾干燥、日光干燥及冷冻干燥等。此外,谷物的烘焙与膨化、水果蔬菜的糖渍和盐渍、肉类的腌制和熏制等,都不同程度地脱去原料一定量水分,使其在适当条件下贮存,防止变质。脱水干制后食品失去水分,单位重量的干制食品各营养成分含量高于新鲜食品,但有些营养素有一定损失,其损耗与食品品种和脱水方式有关。

(一)晒干、风干脱水

利用阳光或自然风使食物脱水干燥是一种古老的脱水干燥方法。由于长时间与空气接触,一些不稳定的维生素损失率大于人工脱水。如杏子用晒干、阴干和人工脱水法制成杏干,其维生素 C 损失分别为 29%、19% 和 12%;β - 胡萝卜素的损失率分别为 30%、10.1% 和 9.2%。

(二)人工加热干燥

常用的有空气对流干燥、滚筒干燥和真空干燥等。

维生素类在人工加热干燥中损失率一般在16%～37%，食品粘度大损失率可降低。牛乳蒸发浓缩时维生素 B_1 损失率为14%～27%。蔬菜干燥时维生素 B_1、维生素 B_2、烟酸和泛酸的损失率都低于10%。乳类和蛋类在喷雾干燥时或滚筒干燥过程中维生素A和维生素D损失较小，如牛奶喷雾干燥中维生素A、维生素 B_1 损失10%，如用传统滚筒干燥法，损失约15%。如在干燥过程中利用氮气或二氧化碳进行气体调节，降低干燥过程中的氧气含量，可明显降低干燥过程中维生素C损失量。

奶粉和鱼粉在热干燥中蛋白质、氨基酸会受一定影响。如喷雾干燥的全脂奶粉有效赖氨酸损失率3.6%，蛋氨酸无损失；而滚筒干燥的损失则分别达18%～33%和0.5%～11%。但赖氨酸并非奶粉或鱼粉中的限制性氨基酸，因此对其营养价值影响不大。

真空干燥营养素的损失取决于温度。50%可溶性固形物的浓缩橙汁在52℃、0.08MPa真空干燥2～3h至含水量约2.5%的粉末，营养素损失不大，但成本较高。

烘焙和膨化一般用于谷物加工，由于强热使水分含量迅速降低，某些氨基酸也会损失，如面包在烘烤过程中赖氨酸损失率为10%～15%，饼干170℃焙烤5min，蛋氨酸、色氨酸、赖氨酸分别损失18%、10%和32%。膨化加工则是对营养素损失较少的方法，并使消化率有所增加，如小鼠对大米饭蛋白质和总糖的消化率分别为76%和99.1%，膨化后则分别达84%和99.5%。且膨化加工对维生素破坏较一般的加热方法少；此外，由于膨化食品内部组织多孔疏松，入口化渣，其中淀粉经高温高压处理彻底熟化，不易"老化"回生，加上部分长链淀粉断裂成短链的糊精和麦芽糖，因此膨化食品易于消化，特别适合老、弱、病、幼食用。如采用混合原料、粗细搭配，则可提高食品营养价值。

（三）冷冻干燥

将食品中的水冷冻成冰，在高真空下使其中水分子直接由固态升华而干燥的方法。经这样处理的食物能最大限度地保存原新鲜原料的色、香、味和营养成分。与其他干燥方法比较，可最大限度地保留食品中的各种维生素、碳水化合物和蛋白质等营养成分，营养素损失最少。被公认是生产高品质脱水食品的首选方法。

冷冻干燥食品中蛋白质只有轻微的损失，与新鲜食品比较，二者的总能量和蛋白质消化率、生物价等十分接近，如干冻鳕鱼必需氨基酸可利用率为92%～100%。冷冻干燥后，必须脂肪酸损失率小于25%，如冷冻干燥的乳粉必需脂肪酸损失率比喷雾干燥低30%～40%。

冷冻干燥维生素的损失也较低，青豆等蔬菜维生素损失约为10%～30%、水果损失低于10%。其中胡萝卜素和维生素A损失率在5%以下，维生素 B_1、维生素 B_2 损失率分别小于25%和10%，其他维生素损失率均低于20%。如胡萝卜在冷冻干燥时脂溶性维生素损失低于10%，而在空气中损失可达26%。脱水时最不稳定的维生素是维生素C，其降解反应对加工温度和食品水分活度非常敏感，高温快速干燥比低温缓慢干燥损失低，低温和真空干燥则损失更小。冷冻干燥因其在低温真空下进行，对食品维生素如维生素C等无不良作用。与其他干燥法相比，冷冻干燥法营养成分损失少，维生素C保存率在90%以上。如菠菜采用冷冻干燥、热风干燥、阴干和晒干处理，其维生素保留量分别为90%以上，59%，7%和4%。蕨菜冷冻干燥主要营养成分氨基酸、维生素C、维生素E和胡萝卜素保存率分别比热风干燥蕨菜高10%，63.4%，61%和7.7%。

冷冻干燥升华过程中溶于水的可溶性物质就地析出，溶于水的无机盐还均匀地存在，冻干



可避免一般干燥方法中因物料内部水分向表面迁移而营养损失等现象。

冻干食品具有多孔结构,复水性好,但水分和氧气很易穿过食品内部,暴露在空气中会促使某些营养素的降解加速,因而应采用真空包装以利贮存。此外,冷冻干燥成本较高,多用在价格较高的食品加工中,如蜂王浆冻干粉、含片等。

五、生物加工对食物中营养素的影响

酒类和调味品的酿造、豆类发芽及使用酶制剂改善食品质量等均属常见的生物发酵加工方法。生物发酵加工通常可提高食品的营养价值。

生物发酵可提高植物蛋白质的生物利用率,而且由于一些游离的呈味氨基酸释出而具有特殊风味。如用蒸熟的小麦、大豆分别接种小孢根霉发酵,再用蒸汽杀菌得发酵制品进行大白鼠喂养实验,蛋白质功效比值(protein efficiency ratio,PER)明显提高且饲料消耗量减少,如发酵过的小麦加大豆混合则PER接近酪蛋白。

酱油、食醋和酱类的原料主要是豆类和谷物,通过微生物作用产生复杂的酶解与合成,原料中的蛋白质、碳水化合物和油脂等在各种微生物酶的催化作用下水解,生成氨基酸、低分子糖、甘油和有机酸等呈味物及醇、酯、酮等挥发性成分,形成了酿造食品特有的风味,易消化和吸收。在豆类发酵制成腐乳、豆豉、黄酱和酱油的过程中,维生素 B_2、维生素 B_6 和烟酸含量可增加到未发酵大豆的4~8倍,同时蛋白质水解为肽和氨基酸,豆类发酵对营养价值的最大贡献是提高了维生素 B_{12} 的量(一般食品中含量极少,发酵食品中相对较多)。

干豆无维生素C,发芽后其蛋白质营养基本不变,但棉子糖和鼠李糖等不被人体吸收使腹部胀气的寡糖消失,植物凝聚素和植酸盐分解,磷、锌等矿物质分解释放出来;黄豆发芽到根长1.5~6.5cm时,绿豆芽长4~6cm时,每100g可食部分维生素C最高可达15.6mg和19.5mg(豆芽很短时维生素C不高),高寒地区冬季可把豆芽作为维生素C良好来源。黄豆发芽成黄豆芽后胡萝卜素增加2倍,维生素 B_2 增加3倍、烟酸增加2倍,维生素 B_{12} 则达10倍。

加工中常使用微生物和酶制剂来提高和改善产品质量。以鲜奶或脱脂奶经乳酸菌发酵制得的酸奶保留了鲜奶中的所有营养素,同时增加了蛋白质和钙的吸收率,还可抑制人体肠道腐败菌的繁殖及减少毒素的产生,特别适合老人、儿童饮用。用木瓜蛋白酶、菠萝蛋白酶或无花果蛋白酶可使禽、畜肉类胶元降解以达到肉嫩化的目的,更利于消化吸收;用从黑曲霉中提取的糖苷酶处理小麦面粉可降低因小麦麦胶蛋白质过敏而引起的腹泻病人的毒性作用。

在酒类酿造中营养成分发生了较大的变化,如桑果汁经发酵制成桑果酒后,总酸有一定程度的升高,但总糖、蛋白质和氨基酸均下降,维生素包括维生素 B_1、维生素 B_2、维生素 B_6 和维生素C含量均大大降低。

六、脂肪的精炼加工

动植物材料中提出的粗脂肪往往含有使制品品质低劣的着色、呈味等物质,而需要进行精炼加工,使之脱色、脱臭并具有高度的化学稳定性,甚至在正常的食品加工时也很稳定。油脂的精炼加工涉及脂肪的物理性质和化学组成的改变,也可具有一定的营养学意义。

(一)精炼

精炼指通过一定的处理去除使脂肪呈现明显的颜色和气味的低浓度物质。具体方法包

括：添加热水或热磷酸沉淀含高浓度磷脂的胶体物质，向脂肪中添加苛性碱中和游离脂肪酸，用漂白土去除脂肪中的胡萝卜素和叶绿素等呈色物质，以及在高真空状态下以热蒸汽处理脂肪去除挥发性物质进行脱臭。

脂肪精炼中的营养变化主要是维生素 E 和胡萝卜素的损失。

(二)脂肪改良

通过改变脂肪的熔点范围和结晶性质以增加其在食品加工时的稳定性叫脂肪改良，包括分馏和相互酯化。分馏是将甘油三酯进行物理性分离，分成高熔点部分和低熔点部分，可使高熔点部分中多不饱和脂肪酸含量降低，有一定的营养学意义。相互酯化是使所有甘油三酯的脂肪酸随机化的化学过程，可能改变食用油对动脉粥样硬化的影响。

(三)氢化

氢化是脂肪酸组成分的变化，包括脂肪酸饱和程度的增加和不饱和脂肪酸的异构化。氢化可使液体植物油变成固态脂肪，用于人造黄油、起酥油、增香巧克力糖衣和油炸用油。许多人造黄油含约 20% ~40% 的反式脂肪酸，反式脂肪酸可使血胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇(LDL - C)增加，同时使高密度脂蛋白胆固醇(HDL - C)降低，被认为是一类致动脉粥样硬化的脂肪酸。此外，氢化很少进行到完全，随熔点升高，脂肪消化吸收率下降。

七、谷物的碾磨加工

谷类特有的加工，有小麦、稻谷、玉米、小米、高粱、大麦、燕麦等。碾磨本身对整个谷类颗粒和随后的面粉的营养成分影响很小，同时可改善食品的感官性质，便于食用，易于消化，但由于谷类中蛋白质、矿物质和维生素主要分布在糊粉层和胚组织中，所以碾磨可使一部分氨基酸、无机盐和维生素受到损失，碾磨越精、损失越大。稻谷加工成 92 米，维生素 B_1、维生素 B_2 和烟酸分别为 1.15，0.3 和 13.5mg/100g，如加工成精白米则分别降为 0.35，0.15 和 6.5mg/100g。稻谷加工成精白米时锌、锰和铬分别降低 16%，45% 和 75%。

小麦出粉率低，脂类、矿物质、维生素、纤维素均低；如小麦磨成粉后，其锰、铁、钴、铜和锌损失严重，几乎都在 70% 以上，而钼损失 48%，硒损失较少约 16%。

大豆可加工成脱脂大豆蛋白粉，进一步制成大豆浓缩蛋白与大豆分离蛋白。与谷类碾磨不同，其微量元素除硫外，无明显损失，铁、锌、铝、锶等反而浓缩，可能是大豆深加工后提高了蛋白质的含量，上述元素由于与蛋白质相结合而受到浓缩。

第二节　烹调加工对食品中营养素的影响

一、烹调对谷物食品中营养素的影响

谷物含淀粉丰富，烹制使淀粉糊化以利于消化吸收。膨化食品就是在热或压力作用下，改变淀粉的分子结构，使其糊化，易于消化。但糖结构小的羰基，在加热过程中可与氨基酸结合，生成赤褐色的黑色素，在强热下焦化，对食用价值有一定影响。蛋白质通过加热变性也有利于消化。烹调加热受损失的主要是 B 族维生素和维生素 C 等。不同的烹制方法维生素损失不

同,见表7—7,烙饼维生素损失较少;炸油条时,由于碱和高温,维生素 B_1 几乎破坏殆尽,维生素 B_2 和烟酸也损失近半;煮面条时,维生素 B_1、维生素 B_2 损失近半。所以,粮谷类主食以焖、蒸、烙等方法烹制较好,炸食不可取,煮食最好连汤一起合理食用。

此外,高温烹调如大饼、油条可使淀粉发生焦糖化作用(生成深褐色的物质,失去营养价值)和羰胺反应生成褐色的聚合物,形成特殊的香味。

表7—7 谷类食品经烹调加热后某些维生素损失率 %

食物名称	原料	烹调方式	损失率		
			维生素 B_1	维生素 B_2	烟酸
米饭	标准米	捞、蒸	67	50	76
米饭	标准米	碗蒸	38	0	70
馒头	标准粉	发酵蒸	30	14	10
面条	标准粉	煮	49	57	22
大饼	标准粉	烙	21	14	0
油条	标准粉	炸	100	50	48

二、烹调对蔬菜中营养素的影响

蔬菜是人们膳食中维生素、无机盐和膳食纤维的主要来源。蔬菜的洗涤、搭配以及烹调方法不当,均可使某些营养素损失和破坏。

蔬菜烹调一般采用煎、煮、炸等,易流失破坏的是水溶性维生素和无机盐。维生素C损失约在50%,钙、磷、铁损失率约在25%以下。不同烹调方法,营养素损失不同,用蒸法加热30min,洋山芋和四季豆维生素C损失分别约37%和28%;用煮法(分别加250g水和600g水)加热20min,蔬菜中维生素C分别损失约14%和32%。对于蔬菜来说,油炸比沸煮损失的维生素多一些,但蔬菜除土豆外很少用油炸,一般油炸土豆(140℃,30min)维生素C损失率约20%,但已全部转化为脱氢维生素C。胡萝卜素则较稳定,通常烹调后的损失率在10%~20%。在相同的加热烹调条件下,各种维生素的损失程度由高到低依次为维生素C,维生素 B_1,维生素 B_2,其他水溶性维生素以及脂溶性维生素。

蔬菜较好的烹调方式是凉拌、急火快炒和快速蒸煮。

蔬菜经烹调后维生素损失率还与蔬菜种类有关,见表7—8。

表7—8 炒菜时不同蔬菜中总维生素C和胡萝卜素的损失率 %

蔬菜种类	烹调方法	总维生素C	胡萝卜素
绿豆芽	油炒(9~13min)	41	—
豇豆	成段油炒(23~26min)	33	7
韭菜	成段油炒(5min)	48	6
油菜	成段油炒(5~10min)	36	24

续表

蔬菜种类	烹调方法	总维生素 C	胡萝卜素
小白菜	成段油炒(11～13min)	31	6
甘　蓝	成段油炒(11～14min)	32	—
菠　菜	成段油炒(9～10min)	16	13
大白菜	成段油炒(12～18min)	43	—
青　椒	成丝油炒(1.5min)	22	10
胡萝卜	成片油炒(6～12min)	—	21
马铃薯	成丝油炒(6～8min)	46	
雪里蕻	成段油炒(7～9min)	31	21

为防止无机盐和维生素的损失,应尽量减少用水浸泡和弃掉汤汁及挤去菜汁的做法;"氽"法烹调可除去大部分草酸,但以自然沥干为好,以免其他营养素随水流失。其次,烹调加热时间不宜过长,叶菜快火急炒保留维生素较多,做汤时宜后加菜可减少维生素 C 被氧化酶破坏。第三,新鲜时蔬不宜久存(菠菜存放 2d 后,其维生素 C 损失 50% 以上),不宜在日光下曝晒,烹制后的蔬菜尽快吃掉,加醋烹调可降低 B 族维生素和维生素 C 的损失,加芡汁也可降低维生素 C 的损失。第四,勿用铜锅炒菜,损失维生素 C 最多;铁锅次之。

三、烹调对肉类中营养素的影响

畜禽鱼等肉类的烹调方法多种多样,常用的有煎、炸、蒸、煮、焖、烤等。中式的炒肉常将肉丝或肉片加少许水和淀粉拌匀后再下锅炒炸,加热时会在表面迅速形成保护层,可减少原料中水分和营养素的逸出,还可避免物料与空气过多接触而产生氧化作用,蛋白质也不致过分变性,维生素的破坏流失相对小,入口鲜嫩,易于消化吸收。

蒸、煮、炖是把原料放入适量水中加热或用热蒸汽使食物加热,随温度逐渐升高,结缔组织收缩使瘦肉块收缩,肉汁逸出。结缔组织的胶原蒸煮后软化,变成溶于水的白明胶,使汤汁变黏;白明胶含数种氨基酸,特别是赖氨酸和精氨酸较高,可被人体消化利用。若温度保持 100℃ 持续 30min,瘦肉中约有 4% 的蛋白质和部分含氮浸出物、40% ～50% 的游离无机盐,20% 以上的 B 族维生素流入汤中。因此肉汤味道鲜美,营养价值高。如在烹调时加入醋酸,则可与溶出的无机盐产生醋酸盐,更好地被人体利用。因此在烹制肉类食品时适当加醋均可提高食物的营养价值。

熏烤是把食物放在烤炉上或用火直接熏烤,肉汁逸出,其中水分蒸发,大部分肉汁在肉表面浓缩,烤肉香味更浓。但烤炉温度多在 200℃ 以上,表层蛋白质结成硬壳,不易消化。其 B 族维生素约有 30% 被破坏。

煎炸肉时,油温通常在 180～200℃,肉块在煎炸时表面温度可很快达到 115～120℃,使表面的蛋白质迅速结成硬壳,内部可溶物不易流出,因此味美多汁。但由于浸入很多脂肪,不宜多吃。且由于发生美拉德反应使蛋白质有一定损失。煎炸时油温不宜超过 250℃,否则,甘油三酯的脂肪酸之间会发生聚合,使油脂黏稠度增大,同时形成环状单聚体、二聚体及多聚体,环状单聚体可被机体吸收,并有毒性。

肉类在烹调时要注意控制温度,如过度受热,易产生对胃黏膜有刺激作用的酯醛类和具有致癌作用的物质。肉中蛋白质过度受热可分解产生硫氢基或生成类黑色素,使菜肴呈现褐色,风味变劣,营养价值下降,如烤焦的牛肉、油炸过度的鸡蛋和煎糊的鱼等。鱼、肉中的脂肪在过度受热时同样会发生氧化分解,产生对人体有害的过氧化物,油脂中的维生素A、维生素D等也会因氧化而丧失营养作用。

四、烹调对蛋类中营养素的影响

蛋类烹调一般采用油炸、炒、蒸或带壳水煮。在烹调过程中,仅维生素 B_1、维生素 B_2 损失8%~15%,其他营养素损失不大。蛋类煮熟后易消化,煮熟的嫩鸡蛋蛋白质消化率可达90%以上,炒蛋达87%,而吃生蛋仅消化吸收约60%。此外,生蛋清含抗生物素蛋白(称卵白素),可使生物素失活;同时生鸡蛋未经消毒不卫生(易被沙门氏菌污染),所以,不宜吃生蛋。

五、常用烹调方法对食物营养价值的影响

在烹调中,食物蛋白质、脂肪和糖类等会发生一系列复杂的物理、化学变化。一部分可溶性物质,如可溶性蛋白质、无机盐、水溶性维生素和酰胺等,会溶出进入汤中。一些不稳定的维生素会受热破坏。由于导热材料、加热时间等条件存在差异,所以各种烹调方法对不同原料中的营养成分影响不尽相同。

(一)煮

以水作为导热材料将食物煮熟的方法,具体是将原料放入多量的汤汁或清水中,先用武火煮沸,再用文火烧熟。可使蛋白质及碳水化合物部分水解,对脂肪无明显作用。煮有助于人体对淀粉和蛋白质的消化吸收。但水煮常使水溶性维生素破坏或与钙、磷等无机盐一起溶于水中,如弃掉汤汁则营养素损失较多。如水煮蔬菜持续20min,则有30%维生素C被破坏、另有30%溶于水中。其他耐热性不强的B族维生素也遭破坏;若再加碱则损失更严重。

(二)炖

也是以汤水为导热材料的烹调方法,是先将原料下锅用旺火烧开,打去浮沫,再文火慢炖至酥烂的烹制方法。炖的火力较小、时间较长,在炖的过程中其纤维间的结缔组织破坏,部分水解为白明胶,肌肉纤维松散,易消化。水溶性维生素和无机盐约一半左右溶于汤内。

(三)蒸

以水蒸气加热烹制食物的方法,具体做法是将原料置于容器中,加好调味品、汤汁或清水(不加汤汁或清水称为旱蒸)上笼蒸熟。特点是温度高,可以超过100℃。维生素损失与煮相近,但无机盐流失较少。蒸法不仅可用于烹调,还可用于初加工(热水发蹄筋)和菜的保温消毒等。

(四)焖

一般是先用油将原料加工成半成品,再加入各种调味料和少量汤汁,微火长时间焖至酥烂。维生素C和B族维生素损失较大,但可提高其他营养成分的消化利用率。

（五）卤

是将初加工原料放入卤汁中，用中火逐步加热烹制，使其渗透卤汁直至成熟食品。原料中水溶性维生素和无机盐部分溶于卤汁中，脂肪也可减少一部分，使食物变得较易消化。

（六）煎

以油为导热材料的烹调方法。煎的温度比煮高，时间较短，维生素损失较少。

（七）炒

是先将锅用武火烧热，再下油烧至八成热左右，并依次下料。采用急火快炒，除维生素C损失较多外，其他营养素均保持较好。

（八）熘

与炒的火力及时间差不多，只是熘往往要加醋及勾芡，对维生素起到保护作用，维生素的损失较炒少一些。

（九）炸

根据FDA食品安全和应用营养中心定义，炸是指在热的并足以浸没原料的油中进行烹饪。中文的定义是将原料用武火在多油的锅里烹制的方法。炸的特点是香、酥、脆、嫩。由于油温高，各营养素遭不同程度破坏。蛋白质可因炸焦变质而降低营养价值，脂肪也会受到破坏，甚至妨碍维生素A的吸收。挂糊上浆后炸制则可避免以上损失。

关于油炸食品在膳食中的比例，国际上存在着彼此矛盾的两种看法。一种认为油炸食品高脂高热，应尽量避免食用；另一种看法是可占有一定比例，理由是炸对于原料中的蛋白质和矿物质几乎没有影响，而且由于抗性淀粉的形成使油炸土豆膳食纤维增加，而油炸的高温短时有利于原料中热不稳定维生素的保留，油炸食品也是维生素E的良好来源。

（十）烤

烤是利用热辐射和热空气的对流来传热的一种烹调方法。分明火烧烤和间接烘烤两种方式。明火烧烤时维生素A，维生素C和B族维生素破坏较大，脂肪和蛋白质也易变性；间接烘烤使原料生成硬结层，可减少内部各营养成分的损失。据报道，土豆在204℃的电炉中烧烤1h，维生素C，维生素B_1，维生素B_2，维生素B_6，烟酸和叶酸的保留率在90%以上。利用微波烧烤比电炉更有利于维生素B_1的保留。

（十一）微波

微波与烤相同，都是利用热辐射来传递热量，所不同的是热量传递的顺序是由里及表。微波烹制面食（蒸煮为100℃，烙70～150℃，油炸200～250℃）时，温度越高，维生素损失越多，油炸麻花的维生素B_1损失率高达92.2%。微波烹制加热时间短，可减少高温对B族维生素的破坏，如微波烹制纸杯蛋糕需75s，维生素B_1和维生素B_2保存率分别为100%和75%；而使用煤气炉烹制20min，维生素B_1和维生素B_2保留率分别为81%和82%。国外关于微波烹制食物

的文献很多,Chung 等比较了微波和传统烹调方法所造成的豌豆中维生素的损失,发现微波烹调会损失 20.2% 的维生素 B_1 和 40.8% 的维生素 B_2,明显小于传统烹调方法所造成的损失。但对维生素 C 和 β - 胡萝卜素的影响没有显著性,而且不同功率发微波炉对维生素的影响也没有显著性差异。对矿物质影响方面,微波烹调鹰嘴豆造成的矿物质损失低于传统的烹调方式。

中国的烹饪技术在发扬加热对营养的积极作用和克服消极作用方面有独到之处,会根据食物特点选择蒸、煮、煎、焖、炸、熏、炖、扒、煨、汆等,讲究刀工火候,习惯采用细丝薄片淀粉挂糊和大火快炒,使营养素损失降到最低。一些地方在食用蔬菜时爱走极端,或生吃或煮烂,生吃可保持维生素,但其他营养素吸收降低,煮烂营养素损失太多,风味较差。

第三节 食品营养价值在贮藏过程中的变化

食品保藏的方法很多,有物理的、化学的和生物的保藏法,按保藏原理分类可大致分为 4 大类:

一是维持食品最低生命活动的方法,适于保藏新鲜果蔬原料,0 ~ 5℃贮藏能抑制果蔬呼吸作用和酶的活力,延缓贮存物质的分解。

二是抑制食品生命活动的保藏方法,如冷冻保藏、高渗透压保藏(干制、腌制和糖渍等)、烟熏及使用添加剂等,可使食品中微生物和酶的活动受到抑制,但这些因素一消失,其活动迅速恢复,食品仍会腐败,是一种暂时性保藏措施。

三是运用发酵原理的食品保藏方法,通过培养某些有益微生物进行发酵活动,如乳酸发酵、酒精发酵和醋酸发酵的主要产物——酸和酒精就是抑制腐败菌生长的有效物质,可延缓食品的腐败变质。

四是利用无菌原理的保藏方法,利用热处理、微波、过滤等方法将食品中腐败菌数量降低或消灭到能长期贮存所允许的最低限度。密封、加热灭菌和防止再次污染是保证罐藏食品的长期贮藏的技术关键。

目前常用的食品保藏方法有干制、高温杀菌、低温冷藏、辐射和加防腐剂。

一、常温贮藏对食物中营养素的影响

大多数食品在常温下保藏。贮存中影响食品感官性状或营养价值最重要的条件是温度。控温实验表明,几乎每种罐头食品 10 ~ 18℃在 2 年内,各种营养素的保存率都在 80% 以上;高温(27℃)贮存对维生素 C 和维生素 B_1 不利,并随产品的性质不同而异(对酸性食品影响超过非酸性食品)。氧气存在可加速各营养素的下降。

(一)粮谷

成熟度高的水稻、小麦水分含量在适当范围内,贮藏损失不大。在储存初期,淀粉酶仍较活跃可将淀粉转化为糊精和麦芽糖,继续储存酶活力下降,蛋白质水解为氨基酸。上述变化随粮食含水量增加而增加,如小麦含水量 12% 时,常温贮藏 5 个月维生素 B_1 损失 12%;含水量为 17% 时损失则达 30%。若贮藏温度高于 20℃,则呼吸热会使谷物温度升高,引起糖的损失,还会导致霉变并影响发芽等。隔绝空气可降低变化,稻谷连壳储存时维生素 B_1 基本无损失。若加工成方便米饭,在常温下贮藏较长时间后,其不饱和脂肪酸,主要是亚油酸会生自动氧化产

生难闻的哈味。

（二）果蔬

新鲜植物性食品在采收和贮藏中会发生蒸腾和呼吸作用，其中呼吸可损失相当部分可利用碳水化合物，使粗纤维增加，如刚采收的甜玉米，水分含量72%，糖含量4%。若在30℃存放12h，其糖损失50%，3d后损失90%，水分降至65%，不能消化的谷皮含量从1.8%增加到2.8%。但如在2℃贮藏5d，水分仅降低2%、糖降低1%。

新鲜果蔬在贮存期损失最多的是维生素，特别是维生素C，损失率与其存放时间、温度有关。在室温下贮存2～4d维生素C损失约10%，随时间延长，损失率逐渐增加；土豆贮藏3个月维生素C损失约1/3，7个月后损失约2/3。芦笋青茎在20℃贮存7d，维生素C损失约80%，但若在0℃贮存，损失率仅20%。绿色蔬菜在室温下数天维生素丧失殆尽，在0℃则可保存50%。苹果贮存2～3个月后，维生素C仅存1/3；而柠檬、葡萄柚贮存在2～15℃下，维生素C保存率几乎100%，橙和红皮柚长时间贮存维生素C保存率可达90%。

（三）牛奶

牛奶常温贮存中损失较多的是维生素B_2，室内光线下1d，维生素B_2和维生素B_6分别损失30%和20%；室外阴天下2h，维生素B_2损失45%；维生素B_6对光也敏感，阳光下8h损失21%，但紫外线照射可使奶中麦角固醇转化为维生素D_3。

（四）蛋类

在贮藏中浓厚蛋白稀化，卵黏蛋白变性，蛋白pH由8上升到9，蛋黄pH由6上升到7，含氮量和游离脂肪酸增加，长期贮存中苏氨酸和维生素A损失最多。蛋类食品常温下只能贮存20～30d。

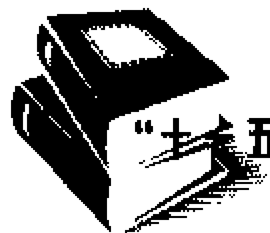
（五）肉类

牲畜屠宰后的贮存过程中会发生一系列变化，肉由僵直到解僵到自溶。刚屠宰的热畜肉呈中性或弱碱性，虽然肉的弹性好，但鲜嫩度和消化率均低；僵直状态的肉虽然新鲜，但肌纤维硬化、肌蛋白凝固、弹性差、持水性低，无鲜肉的自然芳香气味，烹调时不易熟烂，风味不佳，且影响消化吸收；当僵直达到最高点后进入成熟期，肉质逐渐变软，弹性恢复并有肉的芳香气味，成熟后的肉风味、营养价值都得到提高。成熟后的肉继续变化则进入自溶期，肉中所含复杂有机物进一步分解为分子质量较低的物质，肉的弹性逐渐消失，质地柔软而松弛，颜色发暗并产生不快气味，虽尚可食用，但营养价值降低，风味下降；再进一步变化即导致腐败，产生恶臭和毒性产物如氨、硫化氢、醛类、酮类及有剧毒的尸碱等，不能食用。

二、冷冻贮藏对食品中营养素的影响

冷冻是最常用的食品贮藏方法。通常的冻藏温度是指在－18℃下贮藏，在此温度下，微生物生长受抑制，某些酶或非酶变化速度很慢。一般说来，冷冻食品所含营养物质与新鲜食品中相似。

冷冻贮藏在工艺上包括预冻结、冻藏和解冻。冷冻过程本身对营养物质的破坏很小，但是



冷冻前的修整、磨碎、烫漂和解冻过程等会损失一些。如蔬菜类经冷冻后会损失37% ~56%的维生素 B_6,肉类食品经冷冻后泛酸的损失为21% ~70%。

(一)预冻结期

果蔬采收和动物屠宰到冻结之前的贮存时间不长则维生素损失不大,但蔬菜在冻结前需要烫漂,水溶性维生素可有大量损失,冻结期间维生素损失一般很小(猪肉维生素损失大)。

(二)冻藏期

维生素可有大量损失,取决于不同的制品、预冻结处理(特别是烫漂)、包装类型(有无糖浆)、包装材料和贮藏条件等。冷藏温度在-7℃ ~18℃,温度每升高10℃,可引起青豆、菠菜等的维生素C以6 ~20倍加速降解,水果中桃和草莓等维生素C以30 ~70倍的速度降解,所以通常将食品冻结到-18℃以下,可较好地保持食品的原始品质。

(三)解冻

对维生素损失的影响较小,但可有水溶性维生素随解冻时的渗出物流失。

冻藏通常被认为是保持食品感官性状、营养质量及长期保藏食品的最好方法。大多数食品在冷冻状态下贮存可降低营养素损失,食品中维生素A、B族维生素、矿物质及产能营养素损失很少。由于维生素C和维生素 B_1 是最容易发生降解的水溶性维生素,常被用作衡量食品中其他维生素损失情况的指示剂。如蔬菜、水果中维生素C的损失和肉类食品中维生素 B_1 的损失。利马豆、甘蓝、菜花和菠菜在-18℃下贮藏6 ~12个月的条件下,维生素C损失率分别为51%、49%、50%和65%。水果及其制品冷冻后维生素C的损失较复杂,与水果种类、品种、汁液固体比和包装材料等许多因素有关。完整的水果,尤其是酸性的,贮存中不会损失维生素C,如草莓冷冻1年以上维生素C没有损失;柑橘冷藏半年维生素C损失仅5% ~10%,再加上缺氧、低pH可进一步降低损失;浓缩橘汁在-22℃保存1年,维生素C仅损失2.5%。此外,冻藏中营养素保存率与冻藏时间和温度有关,从-18℃上升至-7℃,蔬菜和水果的维生素C降解率分别提高了6% ~20%和30% ~70%。

冻藏是肉类保藏最好的方法,只是在解冻时有少量水溶性物质流失,如牛排在-18℃贮藏半年,维生素 B_1、维生素 B_2 和烟酸几乎无损失,维生素 B_6 损失低于10%。用牛肉加10%以下的植物蛋白在-10℃、-20℃和-30℃贮藏18个月,蛋白质PER在2.58 ~2.75,与对照酪蛋白2.5接近,说明低温贮藏食物对蛋白质营养价值有良好的保护作用。

但这并不意味着冻藏法最完美,因为某些产品在冷冻过程中仍可有维生素的大量损失。一是来自物理分离,如预冻结的去皮、修整和解冻时的汁液渗出等;二是由于沥滤,特别是烫漂时的沥滤或化学降解。动物性食品在化冻时会流失较多维生素和矿物质,可带走食品中10%的可溶性营养素,而且还可使蛋白质发生不可逆变性,蛋白质侧链暴露出来,在水结晶挤压下,凝结沉淀。冷冻对牛、羊、猪肉蛋白质变性影响较小,但冷冻后鱼肉蛋白会引起一定的变性,使鱼肉干韧、风味变劣,而且鱼肉在0℃下仍发生糖酵解,-29℃冻藏鱼5周内乳酸仍会明显上升,约6周后酵解速度才会减慢。但豆腐冷却后,蛋白质质构化,风味变佳。

三、罐装贮藏对食品中营养素的影响

罐头食品在贮藏中营养素保存率主要与温度和时间有关。罐头中大多数维生素(除烟酸

较稳定外）都随贮藏温度升高、时间延长保存率降低，并与罐头品种有关。1年贮藏期要使维生素C保存率在90%以上，则桃子、豌豆、芦笋罐头的贮藏温度应分别低于18℃、23℃和23℃；如要贮藏2年，则贮藏温度应分别低于5℃、11℃和15℃。罐装蔬菜贮藏除考虑营养素保存率外，感官质量也很重要。如罐装芦笋低温保存1年后仍有诱人的绿色，若在20℃保存1年则褪色变黄。

罐装肉制品38℃贮藏6个月，维生素B_1损失约50%，2年后全部损失；在21℃贮藏6个月和1年后，维生素B_1损失分别约为15%和45%；如在0℃贮藏，3年后维生素B_1损失仅10%；如在-18℃下则维生素B_1实际无损失。带汤汁的罐头食品在贮藏中由于沥滤作用，固形物中水溶性营养素可能流入汤汁中，如盐水蟹肉罐头在27℃贮藏时约有10%的蛋白质、50%烟酸和75%维生素B_2流入汤中，若采用冷藏，可使沥滤减缓至几乎停止。

罐头食品中脂肪和糖的保存率一般不受影响。有时蔗糖会在酸性条件下部分水解，但对营养价值无不良影响；在室温下贮藏的肉类罐头，蛋白质稍受影响，胱氨酸和蛋氨酸约损失10%、赖氨酸损失3%～5%，但用存放9年的碎牛肉罐头进行动物实验，蛋白质的净利用率并没有明显改变。

目前市场上有众多真空包装的食品，其包装袋普遍采用复合塑料薄膜袋，如聚酯/铝箔/聚乙烯、尼龙/高密度聚乙烯等，也是一种简易罐藏方式，其中以聚酯/铝箔/聚乙烯包装较好。

四、干制贮藏对食品中营养素的影响

干制和脱水食品，由于水分活度很低，有利于防止微生物污染，但会加速食品中脂类物质的氧化作用，加快食品酸败和变色速度。为防潮防变质，干制食品均需采用一定形式的包装，如真空、充氮气或充二氧化碳。低温下贮存，对食品质量或营养素保存比较有利。要使脱水洋葱贮存6个月维生素C保存率在90%以上，温度应低于8℃；贮存1年，温度应低于3℃。脱脂乳粉在22℃贮存6个月，蛋白质PER从2.37降为1.75；如在0℃和-20℃贮存6个月，则蛋白质PER变化很小（PER分别为2.35和2.36）。

五、辐射贮藏对食品中营养素的影响

利用原子能射线对食品原料及制品进行灭菌、杀虫、抑制发芽和延期后熟等以延长食品的保存期，称为辐射保藏。自20世纪50年代以来，世界各国开始采用辐射进行食品保藏，1980年FAO/WHO、IAEA（国际原子能机构）联合专家委员会确认任何食品辐射总剂量小于10kGy时不存在毒性危险，也不会带来特殊的营养问题，即辐射不会影响食品的营养价值。而我国自1985年开始农畜水产品的辐射保藏研究和应用。目前，射线辐照主要用于肉类食品的杀菌防腐和蔬菜水果的保藏。

（一）辐射对维生素的影响

所有食品成分中，维生素对辐射最敏感。并取决于辐射温度、辐射剂量和辐射率，还受其所处介质的影响。辐射对脂类的直接作用产生的自由基对脂溶性维生素产生作用，而水辐射形成的自由基对水溶性维生素产生作用。

1. 脂溶性维生素

在脂溶性维生素中，维生素E(α－生育酚)是对辐射最敏感的维生素。肝中维生素A接受辐射后会有某种程度的损失。维生素D主要存在于鱼中，对辐射稳定性高。肉中维生素K对高辐射剂量敏感。对小鸡饲料以20kGy剂量辐照，维生素A、胡萝卜素和维生素E损失率分别为12%、25%和68%。脂溶性维生素对辐射敏感性由高到低依次为维生素E、维生素A原、维生素A、维生素D和维生素K。

2. 水溶性维生素

维生素C对辐射敏感，维生素C可与水受辐射时分解的自由基发生反应，在冷冻状态下辐射时，水分子自由基流动性小，维生素C破坏少。

硫胺素是B族维生素中对辐射最不稳定的，破坏约63%，与热加工时破坏相当。硫胺素破坏程度与获得的辐射剂量及温度有关，辐射剂量越低、处理温度越低，硫胺素破坏越少，含硫胺素0.24μg/g的牛肉经28kGy和56kGy高剂量辐射后，硫胺素损失可达80%左右。冻结状态下辐射破坏最少。

核黄素对辐射稳定，含1.8μg核黄素/g牛肉经28kGy和56kGy高剂量辐射后，核黄素损失在2%以下。在6.6kGy低剂量(－20℃和20℃条件下)辐射猪排肉和鸡胸肉时，核黄素没有损失。

烟酸对辐射稳定，含30μg烟酸/g牛肉经28kGy和56kGy高剂量辐射后，烟酸损失低于3.5%。0℃条件下7kGy辐射处理后有15%的损失。而猪肉排在不同温度下用5kGy低剂量辐射时未有烟酸损失。

吡哆醇对γ射线敏感性较硫胺素小。剂量在10kGy以上时，其敏感性与核黄素接近，剂量小于10kGy时，损失很低。叶酸对25kGy处理敏感。对于钴氨素，猪肉在0℃条件下7kGy辐射处理时没有损失。

胆碱、泛酸和生物素对辐射稳定，在剂量≥10kGy时，很多食品中没有损失。

低剂量辐射处理对维生素影响较小。对鱼和鱼制品以3kGy剂量辐照处理，硫胺素和吡哆醇分别损失15%和25%，而核黄素、钴氨素和烟酸则不受影响。

此外，当维生素C与烟酸分别接受大剂量辐射时，维生素C破坏显著，烟酸则相当稳定；当二者在一起时，由于烟酸对活化分子的竞争，破坏增加，可保护维生素C免遭破坏；此外，维生素C对核黄素也有保护作用。

与传统的热灭菌方法相比，可减少维生素B_1的损失和维生素B_6的降解，对维生素B_2和烟酸影响较小。

(二)辐射对食物中矿物质的影响

辐射对食物中矿物质营养价值的影响主要是改变其存在的状态，使生物有效性降低。如辐照可使食品中高生物活性的二价铁转变为不易被人体吸收、生物效价低的三价铁。

(三)辐射对脂肪、蛋白质和碳水化合物的影响

1. 脂肪

脂肪的辐射氧化取决于脂肪的类型、不饱和度、照射剂量、温度及氧的存在与否。在低辐

射剂量时，脂类在天然保护存在的情况下对辐射诱导过氧化作用不是特别敏感。当食物含不饱和脂肪酸在辐射处理中易氧化，产生的脂类副产物与通常的自动氧化相同，包括低分子的醇、醛、酸和二聚化合物等。在氧缺乏时，辐射同样引起脂类的脱羧、脱水和聚合作用，由此产生的辐射产物包括 CO_2、CO、烃类和醛类。食物中甘油三酯经辐射后，其可能的产物包括脂肪酸和醛、丙二醇双脂类以及甘油二酯等，产物数量与剂量有关，但通常很少。牛肉脂肪经辐射处理后产生的挥发性化合物有烯烃、烷烃、丙酮、乙酸甲酯及羰基化合物。但当采用低剂量（3kGy）辐射时，占挥发性物质95%的烯烃和烷烃数量很低。采用10kGy剂量照射板鸭，对体脂脂肪酸组成无影响，但对脂肪的粘度、折射率、比重等有一定影响，且过氧化物升高。

2. 蛋白质

辐射处理可引起食物蛋白质的破坏，包括脱氧作用（产物丙酮酸和丙酸）、脱羧作用（产物乙胺和乙醛）、二硫键的减少、巯基的氧化、肽键的破坏等。蛋白质在辐射处理后的降解产物有氨、游离氨基酸、过氧化氢及有机过氧化物等。当采用高剂量辐射时，游离氨基酸与蛋白质键合、蛋白质间聚合以及蛋白质与脂类间的交联可使蛋白质结构和形态受影响。辐射对蛋白质的影响与氧的存在有关。有氧存在时，蛋白质很少或没有产生聚合，但产生多肽链的裂解；在氧缺乏时，几乎没有蛋白质的裂解，但可形成大量的更高分子质量的二聚、三聚甚至四聚物。但无论是裂解还是聚合，都使蛋白质变性，而总氨基酸含量未发生变化。经20～40kGy辐射灭菌的生牛肉其蛋白质真消化率保持在100%、表观消化率从91.8%提高到92.3%。

辐射处理对游离氨基酸的破坏高于蛋白质内氨基酸。辐射对脂肪族氨基酸和芳香族氨基酸的影响不同，对于脂肪族氨基酸，在有氧存在时形成氨、酮酸、醛或羧酸；在缺氧时形成氨基二羧酸衍生物。辐射时，含硫氨基酸和芳香族氨基酸最易受到破坏，特别是胱氨酸、甲硫氨酸和色氨酸，如含硫化合物在缺氧条件下辐射会形成大量的硫化氢和硫化物，而在有氧存在时氨和硫酸增加。肉经辐射后产生的典型气味就与含硫化合物的形成有关。

食品通过杀菌剂量的辐照，即典型的商业辐射剂量（2～7kGy）时蛋白质肽链未断裂，对蛋白质和氨基酸营养价值无显著影响，只是黏性、凝固性和持水性有一定变化。在10kGy剂量照射板鸭，对其肌肉蛋白质的氨基酸组成基本无影响。

3. 碳水化合物

碳水化合物有可能因辐照而发生水解以及氧化、降解。在干燥条件下辐照，食品中的糖可与蛋白质或氨基酸发生梅拉德反应生成褐色聚合物。但一般情况下，食品中碳水化合物对辐照稳定，灭菌剂量的辐照（20～50kGy）对糖的消化率和营养价值几乎没有影响。

辐射保藏有一定的优越性。辐射可在包装原样不动的情况下一次性大量处理，而且杀菌时食品温度几乎不升高，对生鲜食品特别有利。和化学药物保藏比较，辐射保藏无化学物质残留物；和热处理保藏比较，辐射保藏可较好地保持食品原有的新鲜状态；和冷冻保藏比较，辐射保藏可节约能源。但辐射会影响食品风味，肉辐射后呈砖红色，有不快气味。此外，辐射的方法不完全适用于所有的食品，要有选择性的应用，这需要大力开展食品辐射保藏的研究工作，总结出其规律性及独特效应。



思考题与习题

1. 食品在热处理加工时,营养素发生了哪些有利和不利的变化?

2. 试依据谷类食物蛋白质构成特点,分析提高谷类食物营养价值的途径有哪些?

3. 简述不同加工和贮藏方式对食品营养价值的影响。为尽可能减少营养素的损失,需类注意哪些问题?

4. 简述不同烹调加工方式对食物营养价值的影响。

第八章　不同生理状态下人群的营养需要与合理膳食

学习目的与要求

与健康成年人相比，孕妇、哺乳期的母亲、婴儿、幼儿、学龄期儿童、青少年和老年人，在生理功能、新陈代谢等方面有很大的差异，表现在对能量和营养素的需求、消化吸收、代谢、贮备及排泄有所区别，营养性疾病的疾病谱与健康成年人也有不同。因此，通过本章的学习，掌握不同人群生理特点和营养素的需求的关系，并以此为依据，提出合理膳食和营养性疾病的干预措施，进一步加深对平衡膳食理论的理解和实践。

第一节　孕妇的营养需要与膳食干预

一、孕妇的生理特点

孕妇在妊娠期，各系统的功能会发生一系列的变化，但这种情况并非单纯的母亲的生理功能加胎儿的生理功能，而是一种适应性的改变，是生理功能的调整，与胎儿生长有着十分密切的关系。临床将妊娠过程分为3个时期：妊娠的前12周，称为早期妊娠；妊娠的第13～27周，为中期妊娠；妊娠的第28～40周则称为晚期妊娠。

孕妇妊娠期生理功能的变化主要表现在：心脏容量比平时约增加10%；心率增加10～15次/分钟；心搏出量增加；妊娠32～34周血容量增加达峰值，约比平时增加30%～45%；血容量明显增加，其中血浆容量增加40%～50%，而红细胞增加约为18%～30%，形成血液稀释，即生理性贫血。

妊娠期骨髓中可见到红细胞中度增生，但孕妇血红蛋白常有轻度降低，除了血液稀释的缘故外，往往伴有缺铁，如补充铁剂则可得到纠正。

早期妊娠孕妇口腔中唾液分泌增多，常伴发恶心、呕吐、择食等早孕反应，一般于妊娠12周后逐渐消失；胎盘产生的大量孕激素，使胃肠道平滑肌张力减低、活动减弱、胃酸较低，胃肠蠕动减弱，故孕妇常有腹胀或便秘。

从妊娠第8～12周起，齿龈可出现充血、易出血，产后自然消退，这种现象可能与体内雌激素增加有关。维生素C缺乏时也会发生。孕妇如缺钙可出现牙齿松动。

妊娠期肾血流量增加，肾小球滤过率从早期妊娠到中期可增加50%，持续到足月。妊娠时肾脏的这种变化，有利于代谢产物排泄，如尿素、肌酐及尿酸排出量均增多，但同时也有一些营养素被丢失，如葡萄糖、氨基酸（甘氨酸、组氨酸）等。

自妊娠起，垂体催乳素分泌量逐渐增加，到分娩前达最高峰。催乳素具有促进乳腺发育的

作用,使已受雌激素与孕激素刺激的乳腺腺泡上皮进一步发育完善,为泌乳做好准备。

妊娠期肾上腺皮质激素增加。醛固酮具有保钠排钾的作用,可引起水潴留,使孕妇的血容量增加。

妊娠期甲状腺功能旺盛,基础代谢率从妊娠12周开始逐渐增高,到足月时可增加20%~30%。

妊娠期母体体重增加,为胎儿、胎盘、羊水、子宫、乳房、血容量、水潴留和脂肪贮存增加重量的总和,约10~12kg。妊娠四个月后胎儿发育较快,体重随之增加明显。晚期妊娠每周体重增加约500g。

二、孕妇的营养需要

(一)能量

孕期能量消耗增加非常明显。主要为供胎儿、胎盘、母体组织的生长、孕期体重的增加、各种营养素特别是蛋白质、脂肪的贮存增加所需要的能量。

影响孕妇能量消耗与需要的因素很多,如胎儿的生长速度、孕前的体重、体成分、孕期体重增长数量以及体脂肪的贮存量、怀孕前、后活动和劳动强度等。一般以定期测定体重增加来判断能量的摄入是否合理。

2001年由中国营养学会修订的"中国居民膳食营养素参考摄入量(DRIs)"建议,孕妇妊娠4个月后每日增加能量摄入0.84MJ(200 kcal)。

(二)蛋白质

整个妊娠期孕妇体内蛋白质的贮留量平均为1 kg(925g),其中一半是胎儿生长发育所需要的;另一半则是孕妇子宫、乳房、胎盘、羊水和血液中蛋白质的增长所需要。

孕期蛋白质的贮存量随孕期的不同而有所变化,在妊娠的第一个月,每日贮存不到0.6g,在连续的每1/4孕期(2个月为1期)内,每日蛋白质的贮存分别为0.6g,1.8g,4.8g和6.1g。

中国营养学会修订的"中国居民膳食营养素参考摄入量(DRIs)"建议,孕妇的膳食蛋白质摄入量在未怀孕时供给量的基础上,早期妊娠增加5g/d;中期妊娠增加15g/d,晚期增加25g/d。这个推荐量如果因为早期妊娠有严重的妊娠反应而不能实现,则在中期妊娠和晚期妊娠中应得到有效的补充。

(三)钙

成年妇女体内的钙总含量约为1kg,孕期需要增加贮备30g,几乎都用于胎儿骨骼和牙齿的发育。妊娠孕妇钙的消化吸收率明显增加,至妊娠第20周,钙的吸收率可比平时增加1倍。胎儿对钙的需要量增加是孕妇钙吸收率增高的主要因素;妊娠期内分泌、血浆中维生素D含量的变化都会增加钙的吸收率。若膳食中钙的供给不能满足孕妇对钙的需要时,孕妇骨骼中的钙就要被溶解进入血液,导致孕妇缺钙,可产生手足抽搐、腰背酸痛等现象。因此,中国营养学会制订的钙的适宜摄入量(AI):中期妊娠1000mg/d,晚期妊娠:1200mg/d。

(四)铁

妊娠期铁的额外需要总量约为1000mg。孕妇对铁的消化吸收率比平时增加2~3倍;吸收的铁与一种特异性的运铁蛋白结合,转运到胎儿体内,使胎儿在出生时体内铁的贮备达300mg左右,可满足婴儿在出生后4~5个月铁的需要量。这种特殊的生理机制保证了胎儿对铁的需要,即使在母亲贫血时,这种对铁的运输也照样进行。因此,孕妇膳食中铁的供给量不足,首先影响的是母亲。但如果母亲出现严重的贫血,也会造成胎儿早产,或低出生体重。

铁的食物来源对消化吸收率有着十分明显的影响。我国居民膳食中铁的来源主要是植物性食物,即使在妊娠期,铁的消化吸收率也只有15%~20%,中国营养学会制定的铁的适宜摄入量(AI):中期妊娠:25mg/d,晚期妊娠:35mg/d。同时要选择动物性食物中的铁作为膳食来源。

(五)锌

妊娠期贮存在母亲和胎儿体内的锌约有100mg,其中60mg被胎儿利用。与铁一样,孕妇血液中锌的转运是一种主动转运的过程,以保证胎儿对锌的需要。中国营养学会建议孕妇锌的适宜摄入量(AI):16.5mg/d。

(六)碘

碘是合成甲状腺激素所必需的营养素,而甲状腺激素对蛋白质、脂肪和碳水化合物的代谢、胎儿的生长发育,特别是中枢神经系统发育必不少可。母亲在怀孕期缺碘,胎儿智力发育的严重缺陷、生长发育迟缓,可导致克汀病(或呆小症)。由于胎儿的器官分化和形成主要是在早期妊娠和中期,因此,特别是在碘缺乏的地区,对早期妊娠或怀孕前育龄期妇女补充碘,纠正碘缺乏,可以有效地预防克汀病的发生。中国营养学会推荐孕妇碘的适宜摄入量(AI)200μg/d。碘的消化吸收率比较高,膳食中过多的碘对胎儿、对母亲都是不利的。碘的每日可耐受最高摄入量(UL)为1000μg。

(七)脂溶性维生素

摄入足够的维生素A对于胎儿的骨骼发育是必需的。但过量的维生素A对于胎儿来说是有害的,甚至能引起胎儿的畸形。尤其是在早期妊娠。中国营养学会对于维生素A的推荐摄入量(RNI)定为早期妊娠800μgRE/d,中期妊娠和晚期妊娠为900μgRE/d,可耐受最高摄入量(UL)为2400μgRE/d,比普通成年人的3000μgRE还略低。

妊娠期维生素D的缺乏往往会影响到胎儿的骨骼发育,也能导致新生儿的低钙血症以及牙齿发育的缺陷。在北方日照较少的地区,由皮肤合成维生素D减少,如果膳食中维生素D的供给不能满足需要,则可能出现缺乏症。过量摄入维生素D对孕妇来说,也会引起中毒,中国营养学会推荐摄入量,中期妊娠和晚期妊娠都为10μg/d。

孕期血清维生素E的水平增高,维生素E的需要量增加,中国营养学会维生素E推荐摄入量定为10mg/d。

(八)水溶性维生素

维生素B_1是人体能量代谢所必需的,孕期能量代谢增加,维生素B_1需要量也增加。一般



情况下，孕妇维生素 B_1 缺乏时并没有十分明显的症状，但婴儿出生后，则有可能会出现先天性脚气病。维生素 B_1 的供给量可以根据能量的消耗量进行计算，或增加到 1.5mg/d。

维生素 B_2、烟酸也是人体能量代谢不可缺乏的营养素，与维生素 B_1 一样，由于孕期能量消耗的增加，它们的需要量也随着增加。中国营养学会推荐的摄人量为 1.7mg/d，烟酸的推荐摄入量为 18mg/d。

叶酸是 DNA 合成所必需的，胎儿在生长发育的过程中，叶酸的需要量增加；同时母亲本身还有胎盘组织的增生、红细胞的增生等组织的合成，这些都需要大量叶酸的供给。早期妊娠叶酸的缺乏，已被证实是导致胎儿神经管畸形的主要原因。中国营养学会推荐的叶酸摄入量为 600μg/d。

维生素 C 对于胎儿和孕妇来说，需要量都有所增加，特别是维生素 C 还能提高铁的消化吸收率，晚期妊娠的妇女，出现牙龈红肿、出血等症状，提示有维生素 C 缺乏的表现。中国营养学会推荐的维生素 C 的摄入量早期妊娠为 100mg/d，中期妊娠和晚期妊娠都为 130mg/d，比平时增加 30mg。

普通妇女与孕妇每日营养素需要量的比较见表 8—1。

表 8—1　普通妇女与孕妇每日营养素需要量的比较

		蛋白质 /g	能量 /MJ	维生素 A /μgRE	维生素 D /μg	维生素 B_1 /mg	维生素 B_2 /mg	维生素 C /mg	钙 /mg	叶酸 /μg	铁 /mg	锌 /mg	碘 /μg	硒 /μg
普通妇女	轻体	75	8.80	700	5	1.2	1.2	100	400	800	20	11.5	150	50
	中体力	80	9.62	700	5	1.2	1.2	100	400	800	20	11.5	150	50
	重体力	90	11.30	700	5	1.2	1.2	100	400	800	20	11.5	150	50
孕妇	早期妊娠	+5		800	5	1.5	1.7	100	600	800	15	11.5	200	50
	中期妊娠	+15	+0.84	900	10	1.5	1.7	130	600	1000	25	16.5	200	50
	晚期妊娠	+20	+0.84	900	10	1.5	1.7	130	600	1200	35	16.5	200	50

三、妊娠期营养不良对孕妇健康的影响

孕妇最易出现的营养素缺乏病为：

(一)营养不良性贫血

营养不良性贫血包括缺铁性贫血(iron deficiency anemia，IDA)以及叶酸和维生素 B_{12} 缺乏所引起的巨幼红细胞性贫血。以缺铁性贫血较为多见，其中多数为生理性贫血。铁摄入不足，铁的吸收利用率不高是造成生理性贫血的主要原因。

(二)骨质软化症

膳食中钙供给不足，导致血钙浓度下降，母体分解自身骨骼中钙，维持血钙的正常水平，并保证胎儿对钙的需要。长期结果，造成骨质钙的不足，引起一系列的症状：抽搐、腰痛、脊柱酸痛甚至弯曲变形。

（三）营养不良性水肿

孕期缺乏蛋白质可导致营养不良性水肿。轻度缺乏时主要是引起下肢的水肿。严重缺乏时可引起全身水肿。维生素 B_1 严重缺乏引起的水肿以下肢为主。下肢水肿还可能有一些其他原因，如高血压、肾功能不良，盐的摄入量过多等也会引起。

（四）维生素缺乏症

维生素 D 和维生素 C 的缺乏会引起相应的症状。

（五）妊娠体重不足或超重

一般情况下，"不限制进食"的健康初产孕妇的平均体重增长为 12.5kg。孕期体重增加过多或体重增加不足，对胎儿和孕妇都有不利的影响。孕妇体重增长不足与宫内发育迟缓和围产期死亡的危险性增加相关。孕妇体重增长过多与婴儿出生体重超重和续发的头盆不称等并发症危险性增加相关。母亲在妊娠前的 BMI 值与婴儿的出生体重呈正相关（见表 8—2）。所以对妊娠前 BMI 值低的妇女，孕期体重增长的推荐值高于正常体重的妇女；对矮小而超重或肥胖妇女的推荐值则较低。

表 8—2　按孕前体质指数（BMI）推荐的孕妇总体重增长范围

	BMI 值	推荐的总体重增长/kg
低	BMI <19.8	12.5 ~ 18
正常	BMI 19.8 ~ 26.0	11.5 ~ 16
高	BMI ≥26 ~ 29	7 ~ 11.5
肥胖	BMI ≥29	6.0

（六）糖尿病

患糖尿病的孕妇，如在妊娠的第 6 ~ 8 周时血葡萄糖升高，则发生先天性畸形胎儿的危险性上升 4 ~ 10 倍；晚期妊娠血葡萄糖升高可伴有巨大儿，婴儿出生时体重可大于 4000g。因此，要积极预防妊娠期糖尿病的产生。对已有糖尿病的育龄妇女，要在治疗后再生育。妊娠期间禁用口服降糖药。

四、孕妇的合理膳食与膳食干预

早期妊娠胎儿的生长发育速度比较慢，但却是胚胎细胞分化增殖和器官形成的关键阶段，尤其是怀孕的第 3 ~ 9 周，营养素的缺乏或过多都会造成胎儿发育不良或先天性畸形。

早期妊娠孕妇都会有不同程度的孕期反应，孕妇的膳食习惯和口味喜好会有一定的变化，所以早期妊娠孕妇膳食安排的重点在于：合理调配、防止由于强烈的妊娠反应引起母体营养素的严重缺乏，从而导致胎儿的营养不良。

（一）早期妊娠孕妇膳食调整原则

（1）保证优质蛋白质摄入量：来自乳、鱼、蛋、禽等食物的蛋白质至少有 40g/d；



(2)保证充足的碳水化合物摄入量:为了预防酮症所造成的胎儿中枢神经系统发育受损,碳水化合物的摄入量至少为150g/d;

(3)多吃蔬菜水果,这一点对呕吐严重的孕妇特别重要,保证体内的酸碱平衡;

(4)当孕妇味觉有异常时,可适量补充维生素 B_1、维生素 B_2;

(5)膳食应以清淡为主,避免油腻。可采用清蒸、凉拌、水煮等烹饪方法,改善孕妇的妊娠反应;

(6)膳食制度以应少量多餐为原则,早晨起床时如有呕心、呕吐,可先吃1~2片苏打饼干,能有效缓解症状。

此外,早期妊娠的孕妇要特别注意叶酸的供给,叶酸主要分布在动物性食物中,肝脏、肾脏、蛋类、奶类等含量都较高;一些绿叶蔬菜及酵母的含量也较高,经常食用发酵类的食品有利于孕妇叶酸的获得。

在地方性甲状腺肿流行地区,尽量常食海产品,食用加碘盐也是一种有效预防缺碘的方法。注意存放食盐的盐罐要加盖,炒菜时加盐时间应在起锅前加盐,避免碘的蒸发。

(二)中期妊娠孕妇合理膳食与膳食干预

到了中期妊娠时,妊娠反应基本上已消退,食欲好转。这一时期胎儿的生长速度也逐步加快,营养素需要量已明显高于早期妊娠。中期妊娠孕妇膳食调整的总原则是:

(1)能量充足:由于胎儿生长速度加快、孕妇自身基础代谢也增强,有些孕妇在早期妊娠因严重的妊娠反应出现体重下降,在中期妊娠需要得到恢复,因此,此期首要的问题是要提供充足的能量。

(2)供给充足的B族维生素:由于能量摄取的增加,与能量相关的B族维生素,如维生素 B_1、B_2、烟酸等需要相应提高,可通过适当地选择加工程度低的粮食作为主食的一部分,烹饪时避免用食碱,以及每周选择动物内脏1~2次等方法解决。

(3)增加铁的摄取量,提高铁的吸收率:动物性食物中铁的消化吸收率高于植物性食物;膳食中维生素C的供给,有利于植物性食物中铁的消化吸收。

(4)增加钙的摄取量:保证每天饮用牛奶1~2瓶,增加鱼、虾等钙含量高食物的供给。同时尽量减少食物中草酸、植酸的含量,增加钙的吸收率。

(三)晚期妊娠孕妇的合理膳食与膳食干预

晚期妊娠母体的代谢达到高峰,胎儿的生长速度也最快,其体重的一大半是在这一时期内增加,同时母体和胎儿还需要有一定量的营养素贮备。因而这一时期对膳食营养素的要求最高。由于胎儿的增大,对孕妇的消化系统有一定的顶压作用,会出现便秘、易饥易饱等现象。晚期妊娠也是母亲体重增加最为迅速的一个时期,注意体重的变化速度,防止体重增加过多或不足,对于孕妇和胎儿都很重要。因此,晚期妊娠的膳食调整原则为:

(1)增加蛋白质的供给:在非孕期蛋白质摄入量的基础上,每天再增加20g,同时要注意以优质蛋白质为主。

(2)供给充足的必需脂肪酸:胎儿的大脑在晚期妊娠生长迅速,充足的必需脂酸以利于神经纤维髓鞘的形成。

(3)钙与铁的供给:胎儿体内的钙有一半以上是在晚期妊娠的最后2个月内贮存的;这一

时期胎儿对铁的贮备也迅速增加，每天平均约有5mg左右的铁贮备；且母亲自身也需要贮备一部分的铁以适应孕期血容量的增加，并为分娩时的失血增加贮备。因此，对钙和铁的供给比中期妊娠更为重要，不但供给量要明显增加，还要注意钙、铁的食物来源。

(4)水溶性维生素：晚期妊娠还要注意维生素 B_1、维生素C等供应，不但要满足孕妇的需要，更是为了让胎儿有足够的贮备，对预防新生儿脚气病、新生儿坏血病具有十分重要的意义。

(5)体重的正常增长：密切注意体重增加的量和速度，对于体重增加过快或体重增加不足的孕妇，都要进行适当的膳食干预，使其控制在正常的范围内。

(6)控制钠盐的摄入量：晚期妊娠的孕妇易出现下肢浮肿。控制食盐的摄入对预防和缓解浮肿有一定的帮助。孕妇的膳食要清淡，避免食用腌制品、熏制品、方便面、香肠、火腿肠等含钠盐高的食品。晚期妊娠孕妇的食物尽量以新鲜和加工程度低的食物为主。

(7)少吃多餐：在计划膳食时，应少吃多餐，缓解孕妇易饥易饱的感觉。

第二节 乳母的营养需要与膳食干预

孕妇分娩后，自身首先要进行各方面的调整，一方面恢复正常的生理功能；另一方面还要为泌乳作好准备，以哺育下一代。营养与膳食干预对此都十分重要。

一、母乳分泌的机制

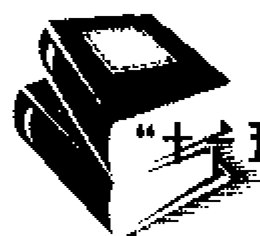
从乳腺的发育到泌乳，体内的激素一直起着重要的调节作用。在妊娠期乳腺已发育成熟，泌乳的能力已具备，却不泌乳，这是由于血液中雌激素和孕激素的浓度过高，对催乳素的功能产生竞争性抑制作用；胎盘娩出后，雌激素和孕激素的浓度降低，催乳素即发挥泌乳作用。腺腔细胞分泌的乳汁增加并进入腺管；婴儿吸吮动作刺激了母亲的乳头及乳晕部分，神经冲动到达垂体后叶，增加催乳激素分泌，作用于乳房，使乳房的血流量增大，温度增高，提高了泌乳量；催乳素还对乳腺上皮细胞的篮状细胞产生收缩作用，使乳汁被挤出，引起泌乳或射乳现象。通过这一过程，乳房中90%的乳汁可以在7min内让婴儿吮出。另外，催乳素还作用于子宫，使子宫收缩，有利于产妇产后恢复。

二、乳母的营养需要

营养素丰富的膳食是乳母分泌优质乳汁的前提；如果乳母膳食不能保证乳汁分泌的需要，乳母将动用自身营养素的贮备，有时甚至动用自身组织成份，用于产生乳汁，导致乳母营养缺乏性疾病的产生，最终导致乳汁分泌减少，甚至停止。

(一)能量

据估算，合成1升乳汁约需要3762kJ(900kcal)的能量。在产后1个月内，新生儿的食量比较小，每天需要500mL乳汁；随着婴儿的生长，乳汁的需要量逐渐增大，3个月后，母亲每日的泌乳量可达到750～850mL。母亲分泌乳汁所需要的能量，有1/3来源于怀孕时脂肪的贮存，另2/3则来源于食物。中国营养学会建议乳母的能量供给量，是在未孕时能量摄入量基础上，每天增加2100kJ(500 kcal)。



(二)蛋白质

母乳蛋白质的含量平均为1.2%,按日平均泌乳量750 mL计算,乳母每日从乳汁中要分泌9 g的蛋白质;乳母将食物中蛋白质转换为乳汁中的蛋白质,转换率为70%左右,这样分泌750 mL的乳汁就需要额外消耗13g的蛋白质。如果乳母膳食中蛋白质的营养价值不高,消化吸收率低,则转换率就更低。因此,中国营养学会建议,乳母在未孕时蛋白质摄入量的基础上,每日增加20g。

(三)脂肪

膳食中脂肪的种类可以影响到乳汁中脂肪的组成,当乳母膳食中的脂肪来源以植物油为主时,乳汁中不饱和脂肪酸,特别是亚油酸的含量也比较高。而亚油酸对于婴儿来说,是不可缺少的脂肪酸。因此,乳母脂肪的每日供给量其比例仍占总能量需要量的25% ~30%,但要注意增加亚油酸的摄入量。

(四)钙

正常母乳100mL含钙量约为34mg,故乳母每日通过乳汁分泌而损失的钙平均为300mg。若母亲膳食中钙含量不足,在短时间内,可动用母体骨骼组织的钙,以维持乳汁中钙含量的稳定;但当乳母膳食中长期钙的供给不能满足需要时,不但会引起乳母钙缺乏的症状,乳汁中钙的含量也会有所下降。中国营养学会将钙的适宜摄入量(AI)定为每日1200 mg。并要求膳食中供给消化吸收率高的优质钙,如牛乳及其制品中的钙,同时,可适当服用维生素D或多晒太阳,以增加膳食中钙的消化吸收。

(五)铁

铁并不能通过乳腺输送到乳汁,但每日也可以从乳汁中分泌0.3 ~0.4mg;妊娠过程和分娩过程中铁的损失,都需要在这段时间内补充。由于铁的消化吸收率比较低,因此,需要每日从膳食中额外增加摄取量,以保证乳母铁的平衡。中国营养学会将AI定为25mg。

(六)维生素

(1)维生素A:膳食与乳汁中维生素A的含量呈正相关。乳母膳食中丰富的维生素A还具有促进乳汁分泌的作用,因此,维生素A的供给对乳母来说十分重要。中国营养学会将维生素A的RNI定为1200μgRE。

(2)维生素D:维生素D并不从乳汁中分泌,但乳母本身对维生素D的需要量增加,乳母膳食中维生素D的日摄入量增加到10μg。

(3)维生素E:乳母对维生素E的需要量增加不明显,每天的摄入量仍保持在14 mg。

(4)维生素B_1、维生素B_2及烟酸:由于乳母的能量消耗增加,对维生素B_1、维生素B_2及烟酸的需要量都增加,维生素B_1还具有促进乳汁分泌的作用;膳食中增加这几种维生素的供给,很快就会反映到乳汁中。如果乳汁中维生素B_1含量不足,可能引发婴儿脚气病。乳母维生素B_1、维生素B_2、烟酸的RNI分别为1.8 mg/d、1.7 mg/d和18 mg/d。

(5)维生素C:维生素C在母乳中的含量与膳食有一定关系,表现为季节性的波动;乳母口

服维生素 C 补充剂后，母乳中的含量也相应提高。但观察结果表明，当乳汁中维生素 C 的含量增加到 8mg/100mL 时，再增加维生素 C 的供给，也不能提高乳汁维生素 C 含量。中国营养学会 RNI 定为 130 mg/d。

(6)叶酸：母乳中叶酸的含量与膳食中的含量呈正比，乳母膳食中每天叶酸的摄入量应增加到 500μg，比普通妇女增加 100μg。

三、乳母的合理膳食

乳母的合理膳食主要从以下几个方面进行调整：

(一)食物要多样化，保证各种营养素的供给

食物多样化才能保证各种营养素的供给。特别是营养价值比较高的鱼、肉、蛋、乳、豆类等，每天都要保证一定的量。避免每天只吃一种或两种食物。有些地区，妇女产后只吃红糖、鸡蛋、小米；或只喝鸡汤，这不但不利于产妇营养素的供给，对乳汁分泌的质和量都会受到影响。

要特别注意蔬菜水果的选择。蔬菜水果一方面可供给产妇水溶性维生素和部分无机盐，同时还可以使产妇获得膳食纤维，以防止产后便秘。产妇在产后 1～2 个月内，卧床的时间比较多，运动时间减少，易产生便秘；如果膳食中缺乏膳食纤维，则会加重便秘的发生。

乳类及其制品可以供给乳母丰富的钙，这对于乳母来说十分重要。虽然许多食物中钙含量并不低，但消化吸收率不高，而牛奶是天然食物中钙含量丰富，又易被人体消化吸收的首选食物。

(二)选用合理的烹饪加工方法

乳母分泌乳汁，每天水的需要量增加，采用炖、煨、煲等烹调方法，每天给乳母各种汤类，不但可以增加水分的摄入，也有利于乳母营养素的消化吸收；最好选用生长期比较长的动物性原料和水产类，如老母鸡、牛肉、猪排、鲫鱼、黑鱼等。这些动物性原料含有丰富的蛋白质，在用小火炖、煨、煲的过程中，蛋白质可发生变性、分解，某些氨基酸、多肽和含氮物质溶解在汤液中，使汤液醇浓、鲜美。但这并不代表整个菜的营养素都在汤里，只喝汤，不吃肉的饮食方法并不科学。乳母的食物尽量不采用油煎、炸、烤等烹调方法。

(三)少量多餐

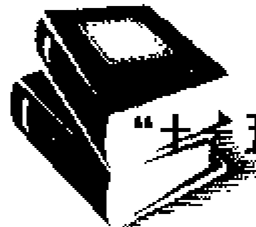
在膳食计划上，乳母可以根据需要，少量多餐，并注意调整自己的膳食与生活习惯，不宜饮酒、吸烟、吃刺激性的食物，以免通过乳汁的分泌对婴儿产生不良影响。

对于乳汁分泌不佳的乳母，要找出原因，进行调整；有些食物如花生、猪蹄、鲶鱼等在民间被认为具有增加乳汁分泌的作用，可以作适当的选择。

第三节　婴儿的营养需要与喂养

一、婴儿的生理特点与营养需要

从出生到 1 岁，婴儿的体重增加 3 倍，身长增加 50%，其生长发育的速度是一生中最快的



阶段。各种营养素和能量的需要也是最高的。但与此不协调的是,婴儿的消化系统发育还不完善。

(一)能量

婴儿能量的消耗主要用于基础代谢、生长发育的需要、食物的代谢作用和活动的能量消耗。随着月龄的增加,总的能量消耗不断增加,能量消耗中各部分所占比例也有所变化。按千克体重计算,婴儿期每日能量的需要量:

<1 月龄 420kJ/kg(100kcal/kg);

2~6 月龄 460~502kJ/kg(110~120kcal/kg);

6~12 月龄 377~460kJ/kg(90~110kcal/kg)。

婴儿能量供给是否充足,可以根据生长发育的状况和指标,如身高、体重的增加等来判断。婴儿的日常表现也是判断能量供给是否充足的常用方法。如婴儿无故哭闹厉害时,往往是饥饿的表现。

婴儿能量的来源与成年人有所不同。特别是在出生后的头 3 个月时,主要或全部的食物是母乳,根据母乳营养素的组成,其中能量的 55% 来源于脂肪;35% 来源于乳糖;7% 来源于蛋白质。随着婴儿月龄的增加,逐步添加辅食,脂肪供给能量的比例会明显下降,碳水化合物和蛋白质增加。

(二)蛋白质

婴儿时期约有 50% 左右的蛋白质用于生长,蛋白质代谢处于正氮平衡状态。因此,不仅蛋白质的需要量多,还需要优质蛋白质的供给。由于婴儿肝脏的功能还不完善,对于精氨酸、组氨酸等也属于必需氨基酸,婴儿必须从膳食中获得。

母乳蛋白质必需氨基酸的组成和含量最适合婴儿的需要,按母乳蛋白质计算,每 kg 体重蛋白质的供给量相当于 1.8~2.0g 左右。但如果用其他食物代替母乳喂养,蛋白质的供给量就要增加。以大豆作为蛋白质来源时,则需要增加到 4.0g/kg。

(三)脂肪

出生后不久的婴儿,脂肪的供给量约占总能量需要的 55%,至 6 个月时下降到 40%;7~12 月脂肪占总能量的 30%~40%。脂肪是婴儿能量的一个重要来源,也是婴儿中枢神经系统发育的物质基础,特别是必需脂肪酸的供给量不能低于总能量供给的 1%~3%。

(四)碳水化合物

婴儿在 2 个月以内,消化液中淀粉酶的活性不高,而乳糖酶的活性较高,因此这一时期的婴儿不宜用面粉、米粉等其他谷类淀粉含量高的食物进行喂养,只能用乳类;四个月后淀粉酶的活性才逐步增加。

(五)矿物质

1. 钙

钙是骨骼和牙齿发育的物质基础,出生后身高的增加、骨骼的增粗以及乳牙的萌出和恒牙

的钙化都需要大量的钙。虽然母乳中钙、磷的比例适当，消化吸收率比较高，但临床观察表明，部分婴儿生长发育迅速比较快，母乳中的钙还不能完全满足他们的需要。钙缺乏会影响婴儿骨骼和牙齿的发育，出现佝偻病或乳牙萌出延迟。

2. 铁

正常婴儿体内贮备的铁和衰老红细胞破坏所释放的铁，仅够出生后4～6个月的利用；婴儿生长发育的速度很快，造血功能旺盛，对铁的需要量较大；母乳中铁含量约为0.15mg/100mL，吸收率约为50%。因为有铁的贮备，婴儿在出生后前6个月，每天铁的需要量约为0.3mg；随着铁贮备逐步耗尽，每日铁的需要量增加到10mg，因而对于4～6个月以上月龄的婴儿来说，铁供给十分重要。

3. 锌

缺锌会引起生长发育的迟缓、味觉功能下降、食欲减退等，母乳中锌含量比较高，而牛奶中的锌不能满足婴儿的需要。

4. 碘

碘是合成甲状腺激素不可缺少的原料，在胎儿期和婴儿出生后2年内，甲状腺激素对中枢神经的发育起着决定性的作用，甲状腺激素的不足将引起不可逆的智力障碍。保证碘的供给刻不容缓。

5. 钠

对于非母乳喂养的婴儿来说，要关注代乳品中钠的含量，控制钠的摄入。

（六）维生素

维生素对婴儿的生长发育非常重要，但在一般情况下，母体贮备的维生素不多，母乳中的维生素种类和含量都不能满足婴儿快速生长的需要，因此，若不注意婴儿的正确喂养，很容易出现维生素的缺乏症。

1. 维生素 C

新生儿体内维生素C的贮备可供出生后3个月的需要；母乳中维生素C的含量可达3.8mg/100mL，基本上能满足新生儿和6个月以内婴儿的需要；但牛乳中维生素C的含量不高，且受季节和饲料的影响；牛奶在消毒和食用前煮沸时也会破坏部分维生素C。

2. 维生素 D

维生素D对于婴儿骨骼的生长非常重要，母乳中维生素D的含量不高，必须注意补充。

3. 维生素 A

母乳中的维生素A可以满足4个月以内婴儿的需要，4个月以后就要通过添加辅食以补充母乳中维生素A的不足。

4. 维生素 B_1

由于体内的贮备较少，对婴儿来说也十分重要。婴儿能量的需要按每公斤体重计算，远远高于成年人，对维生素B_1的需求也较成年人高。母乳中维生素B_1的含量与膳食状况有关。因此，增加乳母膳食中维生素B_1的供给，可提高乳汁中维生素B_1的含量。

（七）水

正常婴儿每天需要量为150mL/kg，高于成年人。因此，无论是母乳喂养，还是人工喂养，



都要额外增加水分的供给。

二、婴儿的喂养

婴儿喂养可分为纯母乳喂养、混合喂养和人工喂养。

(一)母乳喂养

WHO 将纯母乳喂养定义为婴儿出生后的4~6个月以内,除添加水分和维生素D以外,不再添加其他任何食物。母乳喂养一直是我国人民所推崇的传统婴儿喂养的方法,尤其在广大的农村。但近年来受各种因素的影响,母乳喂养率下降。因此,要广泛宣传母乳喂养的优越性,提高我国婴儿母乳喂养的比率。

母乳喂养的优点,首先在于母乳中的各种营养素组成比例和含量与其他天然食物相比,更加适合婴儿生长发育的需要。母乳与牛乳的营养素含量及婴儿的需要量的比较见表8—3。

表8—3 母乳、牛乳的营养素含量(/100mL)及婴儿的需要量的比较

营养素	单位	母乳	牛乳	婴儿需要量	
				0~6月(体重6.2~6.7kg)	7~12月(体重8.4~9.0kg)
水分	mL	89.7	90.2		
能量	kJ(kcal)	292.9(70.0)	280.3(67.0)	502.1kJ(120kcal)/kg	418.4kJ(100kcal)/kg
蛋白质	g	1.07	3.4	1.5~3.0g/kg	1.5~3.0g/kg
脂肪	g	4.2	3.9	占能量45%	占能量30~40%
乳糖	g	7.4	4.8		
维生素A	μg	60.0	31.0	400	400
β-胡萝卜素	μg	0.00	19.0		
维生素D	μg	0.01	0.15	10	10
维生素C	mg	3.80	1.50	40	50
维生素B_1	mg	0.02	0.04	0.2	0.3
维生素B_2	mg	0.03	0.20	0.4	0.5
烟酸	mg	0.62	0.89	2	3
钙	mg	35.0	124.0	300	400
铁	mg	0.08	0.05	0.3	10
铜	μg	39.0	21.0	400	600
锌	μg	295.0	361.0	1500	8000

由表8—3可见，母乳与牛乳在营养素的组成和含量存在有一定的差别，特别是母乳蛋白质的含量明显低于牛乳，但母乳中蛋白质的消化吸收率更高，各种氨基酸的比例更适合婴儿的需要；母乳中不饱和脂肪酸的含量高于牛乳脂肪，特别是长链脂肪酸，如廿碳五烯酸（EPA）、廿二碳六烯酸（DHA），都是中枢神经系统和视网膜发育所必需的脂肪酸。由于婴儿还不能有效地利用α－亚麻酸进行这两种脂肪酸的转化，它们也属于必需脂肪酸；母乳中乳糖的含量多于牛乳，为婴儿提供了比较合适的碳水化合物的来源，有利于婴儿肝糖原的贮存。乳糖还具有促进婴儿肠道中乳酸杆菌的生长，有助于钙和铁的消化吸收，也有利于抑制大肠杆菌的生长；母乳中无机盐的含量更适合婴儿的需要。对于肾脏功能发育还不完善的婴儿来说，是有利的；维生素在两种乳汁中的含量受很多因素的影响，母乳中的含量受膳食的影响，牛乳中的含量则受饲料和季节以及牛乳加工方法等因素的影响，总的来说，维生素D含量都不高，需要通过营养补充剂添加；另外母乳中维生素K的含量也不高。

母乳喂养的优点还表现在母乳中含有大量的免疫物质，如各种免疫球蛋白，乳铁蛋白、溶菌酶，免疫活性细胞，还含有双歧因子等，对婴儿还不健全的免疫系统起到一定的补充作用，有利于婴儿对疾病的抵抗力。

提倡母乳喂养，还因为母乳喂养具有卫生、方便、经济等特点；增进母亲与婴儿之间的感情，有安全感；哺乳时母亲与婴儿之间的目光交流、皮肤的接触等都有利于婴儿视觉、听觉、心理和智力的发育；婴儿吸吮动作，会使母亲的子宫收缩，有利于产后母亲子宫的恢复；婴儿的吸吮还有利于乳汁的分泌。

（二）人工喂养

由于各种原因，完全不能对婴儿进行母乳喂养时，婴儿只能采用其他动物乳汁或代乳品喂养，称为人工喂养。适用于人工喂养婴儿的代乳品主要有以下几种：

（1）配方奶粉　主要有初级配方、后继配方，前者为1～6个月婴儿所设计，后者为6个月以后婴儿设计。在奶粉的配方中，以母乳的营养素组成为依据和标准，基本上达到了婴儿生长所需要的营养素；但由于缺乏母乳中特有的免疫因子及其他活性物质，仍然不能完全替代母乳喂养。

配方奶粉的营养标签上一般都有详细的使用方法，母亲在进行婴儿喂养时，操作方便；但复杂的生产加工过程，也使婴儿配方奶粉的价格昂贵。

（2）新鲜牛奶　新鲜牛奶是许多人工喂养婴儿母亲的首选。由于牛奶的营养素组成和含量与婴儿的需要相差比较大，因此，必须经过稀释、加糖、煮沸、奶量计算等程序，比较复杂，对于婴儿的母亲来说，要进行适当的指导，否则易产生营养性疾病。

（3）黄豆制品　黄豆制成的豆浆可作为3个月以上婴儿的代乳品。在一些不易得到牛奶或其他动物奶的地区可以采用。我国在建国初设计的“5410”代乳糕，就是以大豆为主体，添加了一定量的蛋黄、谷类、骨粉、维生素等配制而成。但目前市场上已很少见到，需要自己制作。

（4）医学配方　主要用于一些婴儿的特殊需要，如为早产儿设计的配方；为先天性代谢缺陷儿所设计的配方，如苯丙酮尿症婴儿设计的低苯丙氨酸奶粉；先天性乳糖不耐症婴儿设计的无乳糖奶粉；为牛奶过敏婴儿设计的大豆配方奶粉等。因此，这一类配方奶也称为有治疗作用的配方代乳品。

(三)混合喂养

对于4~6个月以上的婴儿来说,纯母乳喂养已不能完全满足其需要。因此要在母乳喂养的同时,添加一些母乳以外的食品;母亲由于各种原因乳汁分泌不多或者工作的原因不能按时喂乳的,需要添加牛奶或其他代乳品时,称为混合喂养。

三、辅助食品

随着婴儿月龄的增大,营养素和乳汁量需要增加,婴儿生长到4~6个月时,乳母分泌的乳汁只能满足其需要的80%左右。以铁为例,婴儿每日需铁6~10mg,每100mL母乳中含铁仅0.05mg,吸收率为50%,而4~6个月的婴儿体内储存的铁已用尽,就必须从其他食物中得到补充。因此,4~6个月以上的婴儿需要添加辅助食品。

添加辅助食品的另一目的是训练婴儿的吞咽功能,养成咀嚼的习惯。从流汁饮食过渡到糊状食品、半流质食品以致接近于成人的固体食物,这一适应阶段不是短暂的,要有半年或更长的时间。因此,不宜过迟,以4~6个月为最佳。辅助食品添加时,要根据婴儿的消化能力及营养素的需要情况,逐步适应:质由稀到稠,由淡到浓,量由少到多,质由细到粗,添加的顺序可参照表8—4。

表8—4 婴儿喂养辅助食品添加的顺序

婴儿月龄	添加的辅食	供给的营养素及功能
4~6	米粉糊,麦粉糊,烂粥 蛋黄,鱼泥或鱼粉,动物血,豆腐,肝泥 菜泥,水果泥	能量(训练吞咽功能) 蛋白质,铁,维生素 各种维生素,矿物质,纤维素
7~9	粥、烂面条,饼干,面包 烤馒头片,鱼,全蛋,肝泥,碎肉末,黄豆制品 水果泥,菜泥	能量(训练咀嚼功能) 蛋白质,铁,锌及其他矿物质 各种维生素,矿物质,纤维素
10~12	菜厚粥,烂饭,面条,面包, 馒头、鱼,碎肉末,碎肝,黄豆制品 水果,蔬菜(碎菜)	能量 蛋白质,铁,锌及其他矿物 维生素,纤维素

初次添加辅食宜在两餐之间的饥饿状态添加,待逐渐适应后增加数量以替代一顿母乳或牛乳,在此基础上逐步代替二顿、三顿。

四、婴儿喂养的特殊问题

(一)牛奶过敏

牛奶蛋白质引起婴儿过敏比较常见。据估计,约有2%的婴儿会出现牛奶过敏。主要的表现为特异性皮炎、支气管喘鸣、胃肠道障碍,如呕吐、腹痛、腹泻等。对牛奶过敏的婴儿要注意,

因为有时是相当危险的。在过敏症不是很严重的情况下，可选用其他品牌的配方乳，或用大豆蛋白配方。

（二）婴儿突然死亡综合症（sudden infant death symptom ，SIDS）

该症是一种与人工喂养有一定关系的综合症。牛奶过敏可能是引起婴儿突然死亡综合症的一个重要原因；给婴儿饮用过高浓度的牛奶，同时又不能给予适量的饮水，会引起婴儿水与电解质的不平衡；人工喂养的婴儿缺乏母乳中的各种免疫球蛋白，对各种传染病及肠道疾病缺乏抗病能等，也是引起婴儿突然死亡综合症的原因之一。

（三）肥胖

近年来对于婴儿肥胖的问题已引起许多专家及家长的注意。通常的观察结果表明，人工喂养的婴儿比母乳喂养的婴儿更容易发生肥胖，可能的原因是：母乳喂养能避免婴儿过度进食，而人工喂养的母亲往往会将婴儿本来不应吃的部分也喂了，造成过多的进食；过早地添加固体食物，导致各种营养素过多；或添加过多的蔗糖，使牛奶的能量进一步增加；这种早期的不良喂养习惯也会影响到以后儿童的饮食习惯。

但机械地认为人工喂养就会引起婴儿肥胖，而母乳喂养就不会有这种可能，也是片面的。关键是根据婴儿的营养需要，适量地供给食物，同时及早地培养婴儿良好的饮食习惯。

（四）肠源性青紫症

在家庭自制果汁、菜汁等辅助食物时，如果蔬菜水果放置的时间过长，或盛放容器不干净，甚至已有细菌污染，就可能导致果汁中亚硝酸盐及硝酸盐增多，而出现肠源性青紫症，严重时对生命会产生危害。因此，给婴儿添加果汁一类的辅食时，要选择新鲜的蔬菜水果，最好现榨现吃，不在冰箱中存放；同时，注意存放容器的卫生清洁。

（五）维生素 D 缺乏性佝偻病

维生素 D 缺乏性佝偻病是婴儿常出现的一种营养性疾病。多见于 6 个月以内的婴儿，主要表现为神经兴奋性的增高，如易激怒，夜间啼哭、睡眠不安、枕秃等。维生素 D 缺乏的婴儿如不治疗，症状会继续加重，出现典型的骨骼变化。小于 6 个月的婴儿以颅骨的改变为主，颅骨变薄，前囟边缘较软，用手指轻轻压迫枕骨或顶骨的后部，就会有乒乓球样的感觉；6 个月以上的婴儿，额骨和顶骨双侧骨样组织增生呈对称性隆起，到 7～8 个月时，变成“方盒样”头型，即“方颅”；1 岁左右的患儿下肢骨在开始站立与行走后因负重而出现弯曲，形成严重的“O 型腿”或“X 型腿”；还会出现“佝偻病串珠”、“郝氏沟”、“佝偻病手、足镯”等症状。

经过补充维生素 D 和钙、增加日光照射等治疗后，临床症状和体征都会逐渐减轻、消失；血清钙、磷的浓度以及骨密度也会逐步恢复至正常。但婴儿期严重的佝偻病可残留有不同程度的骨骼畸形，特别是下肢的畸形。

（六）维生素 B_1 缺乏症

母乳中维生素 B_1 的含量不高，婴儿体内的贮存量也很少，而婴儿生长的速度很快，需要的能量也高于其他的人群，因此，维生素 B_1 缺乏后会引起能量代谢的障碍，从而出现婴儿脚气



病。主要的临床表现有:食欲不振、呕吐、排绿色稀便等消化道症状;严重时表情淡漠、呆滞、眼睑下垂;甚至出现颅内压增加,昏迷、抽搐可致死亡;也可能以急性心脏功能不全为主要表现,如心动过速、心律不齐、低血压等。维生素 B_1 缺乏症在婴儿出现时,来势凶猛,对婴儿的生命往往有比较大的威胁。

第四节 幼儿的营养需要与膳食干预

一、幼儿的生理特点

幼儿生长发育的速度不如婴儿那么迅速,但与成年人相比,仍然十分旺盛。2 岁时,身高一年增长 11cm,体重 2.5 ~3kg;3 岁时,身高增长 6 ~7cm;体重 1.5 ~2kg。断乳后的幼儿要用自己不成熟的消化器官来取得营养,这种有限的消化能力与机体对营养素的需要间存在着很大的不协调。因此,在进行幼儿的膳食制作时,要充分考虑到幼儿的这一生理特点,合理安排,合理烹饪。幼儿是良好的膳食习惯培养的最佳时期,从幼儿开始,注重良好的饮食习惯与饮食心理的培养,对其一生都会产生深刻的影响。

二、幼儿的营养需要

幼儿生理功能的特点和生长发育的需要,使他们对营养素的需要量与他的年龄和身高、体重不相称,往往超出母亲的想象,因此,在进行膳食计划时,一方面容易造成营养素供给量的不足;另一方面,一些母亲看到幼儿与大人一样坐在饭桌上吃饭菜,又可能会过高地估计消化吸收的能力,因此,了解幼儿的营养素需要,对幼儿的膳食计划来说是十分关键的。

(一)能量

2 ~3 岁时的幼儿,他们每日能量的需要分别为 5.02MJ(1200kcal,男),4.81MJ(1150kcal,女);5.64MJ(1350kcal,男),5.43MJ(1300kcal,女),约相当于一个中等体力劳动的母亲能量需要量的一半左右,因而其能量的需要量若按每公斤体重计算,远远高于成年人。

(二)蛋白质

幼儿的生长需要大量的蛋白质,2 岁幼儿每天需要 40g 蛋白质,3 岁幼儿每天需要量为 45g。若蛋白质的供给不足,就会引起幼儿的生长停滞、贫血、抵抗力下降等。但蛋白质的供给过多,则可出现食欲不振、大便秘结,特别是在水分供给不足的情况下,由于脱水可以引起"蛋白质热",还会产生肾脏和肝脏功能负担过重。对幼儿蛋白质的供给要特别注意"质",与成年人相比,必需氨基酸的种类和比例有一定的差别,因而要注意选择优质蛋白质。

(三)脂肪

与成年人相比,幼儿脂肪供给量占能量比较高,为 30% ~35%,同时还要注意必需脂肪酸的供给,因为它是幼儿中枢神经系统发育所必需的营养素。

(四)碳水化合物

碳水化合物约占总能量需要的 50% ~60%,碳水化合物是中枢神经系统重要的能量来源;

碳水化合物在人体内，部分以肝糖原的形式贮存，可作为幼儿饥饿时能量的补充；碳水化合物相对来说易消化、吸收、代谢，且代谢产物对人体无毒性作用；全谷类的食物，含有比较多的膳食纤维，对幼儿肠道的健康也十分重要；要注意避免过多地选择精制糖。

（五）矿物质

幼儿对于钙的需要量较高，每日需要量达600mg以上。这一方面是幼儿生长发育和骨骼的生长需要，同时也是幼儿乳牙继续生长、萌出的需要；幼儿每日需要铁为12mg，由于铁的来源不合理，中国幼儿贫血的发病率比较高，要特别注意膳食中铁的“质”，必要时，可增加一些铁的强化食品或营养补充剂；锌对于幼儿的生长发育以及正常的味觉十分重要，我国幼儿锌的缺乏在农村比较普遍，因而要增加含锌量高的食物的补充；幼儿中枢神经系统的发育还在进行，碘是不可缺少的营养素。幼儿每日碘的需要量是50μg。氟对于幼儿牙齿的发育来说十分重要，也是预防幼儿龋齿的重要元素。对于氟缺乏的地区，要注意幼儿饮水中氟的供给；不缺氟的地区，则要避免氟的过多。幼儿在学习使用牙膏时，往往不能完全清理残留在口腔中的牙膏，或将它误吞下去，如果是含氟的牙膏，经常发生这样的情况，就有可能会出现氟过多甚至中毒。

饮用水能达到卫生标准的，就尽量给婴儿饮用煮沸的自来水，少用纯净水，这样可避免镁、锰、氟等元素的缺乏。

（六）维生素

1. 维生素 A

缺乏或不足时都会影响上皮的正常功能，与有些幼儿出现的上呼吸道反复感染有关；

2. 维生素 D

生活在北方的幼儿，冬季户外活动的时间比较短；其他地区的幼儿，由于气候、环境污染等多方面的原因，日照时间不足，都会使幼儿由皮肤合成维生素D减少，需要从食物或营养补充剂中补充；其他各种B族维生素和维生素C，也可以由于膳食结构的不合理或食物制作过程的不合理，而影响食物中的含量，造成缺乏。

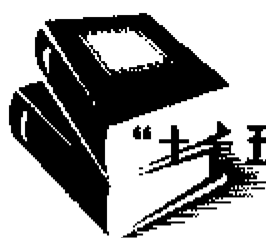
（七）水

幼儿的新陈代谢比成年人高，对水的需要量也远远高于成年人；幼儿体内的水含量约为65%，高于成年人；活动量大，汗液的排泄量多，也是对水的需要量多的重要原因。幼儿水的来源与成年人一样，主要是饮水和食物中的水，代谢水只占很少的一部分。饮用水对于幼儿来说，不仅是供给水，同时还是获取一些无机盐的载体，因此，对于幼儿来说，不主张饮用纯净水。

三、幼儿的膳食

（一）食物要多样化

制作时要符合幼儿消化吸收的生理特点，使幼儿逐渐适应其吞咽及咀嚼功能。在进行膳食计划时，注意多选用鱼、虾、仔鸡、嫩茎、嫩叶等食物原料，并切成小块细末；在烹调方法的选



择上,要注意多采用煮、蒸、炖、煨等方法,避免使用油炸、煎、烤等。

(二)增加餐次

适应幼儿多动、易饥但胃纳小的生理特点,一日可以五餐或六餐;但要注意加餐的食物种类和数量。食物的种类最好是全价食物,不能选择纯热能性食物,在供给量上要注意不能超出正餐的10%左右。

(三)养成良好的进食习惯

幼儿能自食者,尽量自食;需要喂的幼儿,要做到喂一口,嚼一口,咽一口,再喂第二口;培养幼儿细嚼慢咽的饮食习惯,让幼儿自己决定进餐的速度;培养幼儿对各种食物的适应能力,允许幼儿对新出现食物的拒绝,但要让其反复接触,让幼儿逐步适应,而不是强迫接受;在营养价值相当的食物前,允许幼儿作选择。

第五节　儿童的营养需要与膳食干预

一、儿童的营养素供给与膳食制度

儿童的生长发育仍然十分旺盛,进入学校学习后,对于外界的认识和知识的探究进一步活跃,活动的能力和活动量也不断增大。所有这些,都使得儿童的营养素需要量与他的外表极不相符。表8—5是7岁、11岁儿童的一些营养素需要量与成年人的比较。

表8—5　7岁、11岁儿童与成年人每日营养素需要量的比较

年龄	能量/MJ		蛋白质/g		钙/mg		铁/mg		锌/mg		维生素A/μgRE		维生素D/μg		维生素B_1/mg		维生素C/mg	
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
7	7.35	7.10	60	60	800	700	12	12	13.5	13.5	600	600	10	10	0.9	0.9	80	80
11	10.04	9.20	75	75	1000	1000	16	18	18.0	15.0	700	700	5	5	1.2	1.2	90	90
成年*	10.04	8.80	75	65	800	700	15	20	15.0	11.5	800	700	5	5	1.4	1.3	100	100

注:*指轻体力劳动者。

从表8—5可以看出,7岁儿童能量的需要已是成年人轻体力劳动者的70%;有些营养素,如钙的需要量与成年人相同;还有一些甚至还高于成年人,如维生素D;11岁儿童能量的需要已与轻体力劳动者成年人持平,蛋白质、钙、铁、锌等营养素都高于成年人。但他们的体重只是成年人的1/3~1/2,因此,容易引起喂养者对他们营养素需要量的误解。对于7~11岁儿童的营养需要与膳食要求来说,还是要注意:其消化能力与实际需要量之间仍相矛盾,胃容量虽有增加,如果餐次与成年人一样的话,仍然不能适应其需要。因此,增加和调整餐次是必要的。加餐的食物约占主食热能供给量15~20%,以不影响主食的进食量为宜。

二、培养儿童良好的饮食行为与习惯

儿童期不良的饮食习惯主要有以下的表现：

(1)三餐比例严重不合理：主要表现为早餐不吃，或早餐质量达不到营养需要；中餐凑合，马马虎虎；晚餐则非常丰盛。这种不合理的三餐安排，会影响到身体健康与生长发育，并可能会造成一些成年性疾病的提前发生，如肥胖、糖尿病、心血管系统疾病等；同时，对于小学生的学习效率和学习成绩都会有不好的影响。

(2)零食：吃零食是儿童的一种常见的饮食行为。有选择地吃零食，可作为正餐营养素不足时补充的渠道，对儿童的身体健康有好处。但如果不分时间、不限制食用量、不加以选择地吃零食，对儿童则是不利的。目前儿童零食行为存在的主要问题是，零食以各种纯热能性食物为主，如糖果、甜饮料、油炸食品等；吃零食的时间以下午放学后和睡觉前为多；零食的食用量没有控制，甚至将零食当正餐；零食的安全卫生得不到保证。

(3)偏食：偏食是指只偏爱某种或数种食物，而厌恶、拒食其他食物的现象。喜爱的食物就特别爱吃；不喜爱的食物就很少吃，或不吃；这样造成了食物的单调，出现营养不良。出现偏食时，要寻找出引起偏食的原因，并加以纠正。

(4)厌食：对食物无欲望或欲望很低，未进食就感到饱胀的食欲不振状态，或拒食、畏食等现象都属于厌食。产生厌食现象的原因主要是：食物品种单调、膳食营养素组成不合理、不良饮食习惯；同时也可能与精神神经因素有关，如家长强迫进食、学业过重、情绪紧张也会造成儿童厌食。

(5)贪食：贪食是饮食行为异常的另外一种表现。表现为进食的数量大、进餐的速度快、食欲特别好、特别喜欢吃油炸食物、甜味食物；不饿也想吃，吃了还想吃，越吃越贪吃，最终导致肥胖、超重。造成儿童贪食的主要原因首先在于家长不良饮食习惯、错误的饮食营养观念对儿童的影响，也可能是食物中的特殊物质，如促进动、植物生长的激素类物质作用的结果。贪食症一旦产生后，要彻底纠正有一定的难度，因此，预防是最重要的。

(6)异食现象与异食癖：有些儿童吃一些特殊的奇怪的非食物性物质，如石灰、小石子、泥土等，称为异食。如果这种异食现象持续时间比较长久，并形成一种嗜癖，称为异食癖。引起异食或异食癖的原因主要与儿童寄生虫感染、锌缺乏及精神因素有关。

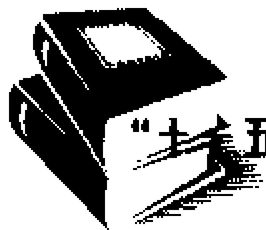
良好饮食习惯的培养，营养干预的实施主要从以下几个方面进行：

(1)做好进餐前的生理和心理准备：帮助儿童建立与进餐有关的条件反射，为进餐、消化、吸收营养素做好准备工作。

(2)营造良好、科学的进餐环境：良好的进餐环境可促进儿童的食欲，并有利于良好饮食习惯的培养。桌椅高低适合儿童身材，食具简单便于使用，等候食物上桌的时间不宜过久，食物温度适当(5～60)℃。家长与子女共餐时，避免大吃大喝，酗酒等不好的进餐环境。

(3)制定科学的进餐制度：根据儿童的生理特点，制定科学的进餐制度，使儿童能在摄取到适量的营养素和食物的同时，也不致会过饥、过饱。

(4)适当的进餐礼仪教育：孩子的饮食礼仪和文明教育要从小开始，家长不但要言教，还要身教。在进餐时家长要有意识地介绍食物的营养和对健康的好处，引导儿童选择多种食物。学校也应结合营养教育，开设相应的课程，让儿童接受比较系统的学习与训练。



三、儿童常出现的营养性疾病

(一)肥胖

对7~22岁各年龄组人群进行的分析结果表明,7~12岁是超重和肥胖发生的易感人群。大城市,尤其是市区,肥胖的检出率正在成倍增长;乡村儿童过去的肥胖检出率不高,基数比较低,因而表现出肥胖检出率的增长速度甚至超过了城市;男生的肥胖发病率都高于女生;我国北方儿童的肥胖发病率高于南方。

7~12岁这一年龄段儿童肥胖发病率高,与遗传因素与环境因素有关。环境因素造成的肥胖有以下特点:

出生时的体重比较高。与母亲怀孕时过度进食有关,也有遗传因素的作用及婴幼儿时期不合理的喂养。一些家长给婴儿过多地喂食;过早地添加辅食,特别是固体食物;进食的速度过快;进餐量过多,过饱,使儿童从婴儿时期就习惯于吃过多的食物,甚至形成贪食习惯;膳食中脂肪的比例过高,或纯热能性食物过多;一些家长还给儿童吃一些"保健品";食物中残留的动植物类激素,会造成儿童的内分泌失调。所有这些因素都会使儿童食欲过旺,产生肥胖。

我国小学生的学习生活规律与过去相比,变化比较大。在校期间学业负担很重,没有足够的体育活动时间;而放学后的游戏项目也发生了很大有变化,上网游戏和看电视的儿童越来越多,户外活动少,能量的消耗低,也是造成体重增加的原因之一;而体重增加后的儿童更懒于活动,形成了能量摄入与消耗平衡之间的恶性循环。

(二)缺铁性贫血

7~11岁儿童处于旺盛的生长发育期,容易因铁的摄入不足,导致缺铁性贫血。贫血对儿童生长发育,包括智力发育有严重影响,对免疫系统的发育也不利。虽然近年来我国7~11岁儿童缺铁性贫血症的发病率有所下降,但仍然是严重影响儿童身体健康的疾病之一。

对贫血患病因素的分析调查显示,不同的家庭经济状况,贫血的发病有明显的差异。但与其他营养性疾病的发病情况有所不同,城市男女生中等经济状况的家庭贫血的发病率最高;而乡村则是经济状况越好,贫血的发病率越高。产生这种现象的原因可能与这两组人群是生长速度最快,生长趋势最迅猛的人群,导致对铁的需要量增加,如果家长不注意膳食中铁的供给,反而更容易出现缺铁性贫血。

调整膳食结构是预防和治疗缺铁性贫血的有效途径。选择铁含量丰富的动物性食物,增加维生素C的供给,增加食物中的优质蛋白质的供给,都有利于提高植物性食物中铁的吸收;中国营养学会经过多年的研究证明,采用供应强化铁的酱油,能有效地减少缺铁性贫血的发生。

四、改善学龄儿童营养状况的行动计划与干预措施

关于青少年的营养问题,各国政府都十分重视,并相继制定了各种营养计划,以减少青少年营养问题的发生。我国政府也制定了一系列的政策与法规,加强儿童营养计划的实施与管

理。其中最重要的是"学校营养午餐计划"、"学生奶营养行动计划"、"大豆行动计划"等。其目的都是为了改善儿童的营养状况。但无论哪一种计划的实施,都受许多因素的影响,如经济状况、农业的产出、居民收入等。日本和美国是开展学校营养餐制度比较早的国家,积累了一定的经验和教训,对我国实施学校营养午餐有很好的借鉴作用。

第六节 青少年的营养需要与膳食干预

青少年时期是人的一生中生长速度最快的第二个阶段。从形态上看,孩子的身高、体重、肩宽、盆宽等都呈现出一种突增的趋势;生理、心理的发展也与之平衡。要注意青少年时期的一些特殊营养问题。

一、青少年的生理特点

性别差异增大:青春发育期生长突增后,生理功能和对营养素的需要出现性别差异。一般情况下,女孩成熟的年龄比男孩早1~2岁;青春期男孩的体重增加量比女孩多,增加的速度快,骨骼生长延续的时间比女孩长;女孩在青春期积聚比较多的脂肪;男孩肌肉增加比较多;女孩青春发育后月经来潮,每个月有一定的铁损失,因而对铁的需要量也增高。

个体差异增大:同一年龄的青少年由于生长发育的速度与时间不同,营养素需要量的个体差异增大。因此,虽然有营养素的供给量标准,但还不能机械照抄,要根据其实际情况供给营养素。

二、青少年的营养素需要量

(一)能量

青春期为了满足生长的需要、肌肉组织的增加以及其他组织的生长,都要增加能量的供给。青少年每日能量的推荐摄入量见表8—6。

表8—6 青少年每日能量的推荐摄入量

年龄	男					女				
	体重/kg	BMR/MJ	体力活动			体重/kg	BMR/MJ	体力活动		
			轻/MJ	中/MJ	重/MJ			轻/MJ	中/MJ	重/MJ
11~13	42.0	5.80	9.14	10.15	11.31	41.0	5.21	7.82	6.86	9.94
14~17	56.5	6.86	11.05	12.35	14.07	50.0	5.67	8.23	9.36	10.50

但由于生长速度的差异,热能的需要应根据实际的情况进行判断,以免出现热能供给的不足或过多。但从目前的营养调查结果来看,由于多种原因,导致体重过高者的比例越来越大,而体重不足者越来越少。

(二)蛋白质

青少年在生长发育阶段,对蛋白质的需要量增加,如果蛋白质的供给量不足,就可能导致生长发育的延迟、甚至产生障碍。因此,青少年对蛋白质的需要量是整个人群中,除孕妇、乳母外需要量最高的人群(见表8—7)。

表8—7 青少年与其他人群膳食蛋白质的推荐摄入量比较

年龄	男/(g/d)	女/(g/d)
10~11	70	65
11~13	75	75
14~17	85	80
18~49	75(轻体力劳动)	65(轻体力劳动)
	80(中体力劳动)	70(中体力劳动)

青少年不但蛋白质的需要量增加,还需要供给优质蛋白质。因此,青少年不宜素食。

(三)矿物质

1.钙

在青春发育期能否达到骨质量的峰值是降低老年后发生骨质疏松症的重要因素。但许多青少年的实际摄入量不能达到需要量。铁缺乏是青年中最常见的营养素缺乏病。特别是在青春期的早期,男性需要铁合成肌红蛋白,而女性对铁的需要不但与肌肉的增长有关,同时还与月经来潮后铁的丢失有关,其个体差异也比较大;

2.锌

青少年锌的供给不足会产生生长发育的迟缓;如果儿童时期出现的锌缺乏不能及时纠正,到了青春期,会出现生长发育的停滞,"伊郎乡村病"就是最明显的例子。

3.碘

在青春期,由于生长发育对碘的需要量增加,有时会出现一时性的甲状腺肿大,属生理性,当生长发育的速度下降后,这种现象就会慢慢消失。

青春期青少年所需要的其他无机盐及微量元素及参考摄入量见附录1。

4.维生素

维生素的需要量也与生长发育有很大的关系,特别是维生素D、维生素B_1、维生素B_2、烟酸等,与钙及能量的消耗增加有关;维生素C能增加铁的消化吸收率,它的供给量也要增加。青春发育期如果不注意膳食平衡,也会出现维生素的缺乏症。维生素参考摄入量见附录1。

三、青少年的膳食干预

由于营养素和热能的需要量高于一般人,食物的供给量也比较多,因而要选择营养素密度比较高的食物。对容易缺乏的营养素,如钙、铁、锌等无机盐与微量元素,要增加供给。

三餐的热能分配要注意早餐的供给,特别是注意早餐中蛋白质和热能的供给量,如早餐达

不到要求，可通过课间加餐给予补充。但要注意加餐食物的种类和数量，避免各种纯热能性食物，青少年对各种新生事物都比较敏感，但不容易辨别正确与错误，因而，对酒精饮料、吸烟等不利于健康的行为要加强宣传教育，远离这些物质。

由于青少年心理发育还不健全，各种社会不良信息的误导，可能使青少年的膳食行为受到一定的影响，而出现营养性疾病。

四、青春发育期易出现的营养性疾病

（一）神经性厌食症（Anorexia Nervosa）

神经性厌食症属于怪异型的进食疾患。主要特点是：精神心理变态与躯体印象障碍；自我引起的进食过少及造成的营养不良与体重下降（恶液质）；闭经与衰竭。由于缺乏统计资料，神经性厌食症在我国的真实发病情况尚不清楚。但近年来医院就诊的新病例有增多的趋势。

神经性厌食症多发生于25岁以下青春期的女性。发病年龄呈双峰型分布，13～14岁和17～18岁为高发病年龄组。女性病人至少10倍于男性病人。神经性厌食症的发病率还与社会、家庭、职业、文化教养、遗传等多种因素有关。国外报告约95%的病例为来自有一定社会地位、生活较优裕的上、中层家庭的白人青少年女性。在英国16岁以上的女学生中发病率为1/250；在加拿大芭蕾舞学生中为7%；在职业芭蕾舞演员中为5%～20%，而黑人很少发生本病，包括黑人女芭蕾舞演员。神经性厌食症病人的女性双胞患病率为6%。

神经性厌食症的病因和发病机理比较复杂，尚未明确。目前倾向于认为在遗传易感性的基础上，社会、家庭环境和青春期发育引起的精神动力学变化及其造成的下丘脑功能紊乱，共同导致了异常的进食行为和内分泌功能紊乱。而长期严重的进食过少，营养不良和体重丢失，反过来更加重了精神、内分泌功能紊乱。

最常见的症状为进食减少和体重下降。病人少食甚至不食含碳水化合物的食物，主要靠进食蔬菜、水果和零食生存；体重下降迅速，病人极度消瘦，体重一般低于理想体重的80%。存在躯体印象障碍，无理由地认为自己"太胖"，但对别人体重、体型的估计却比较客观。

对食物的偏见，宁肯忍受饥饿也不愿进食，但有的病人却表现出十分古怪的食物偏爱，热心于为别人精心地准备食物，喜欢收集食谱、烹饪书籍和在家中贮藏食物。

尽管极度消瘦，但大多数病人的体力、精力却异常旺盛，活动过度，否认疲劳。少数病人表现无力、淡漠、极度衰竭以至死亡。

闭经可发生于该病病程中的任何时间，通常是随体重下降，出现月经稀少以至闭经。

一些轻型神经性厌食症病人的症状不典型，如不及时纠正，就有可能发展成典型的神经性厌食症。

神经性厌食症的治疗十分困难。病人常常否认患病，拒绝治疗，并会制造各种假象造成医护人员判断错误。因此，对神经性厌食症的治疗是一项长期、艰苦、耐心和细致的工作。目前尚无特殊治疗手段，主要依靠精神行为治疗和饮食治疗。要鼓励症状较轻的神经性厌食症患者进食，饮食可以流食、半流食为主，最初供给的能量为正常需要量50%左右即可。宜少量多餐，每天不少于8次。病情好转时，能量供应可缓慢增加至正常供给量，饮食种类也可以逐渐



过渡到普通饮食。通过鼻饲、中心静脉或外周静脉的营养干预,仅可暂时用于严重营养不良和顽固拒食者。在进行饮食治疗的过程中,要反复告诉病人进食的安全性,向病人保证不会使他变胖。治疗初期病人体重的增长速度以每周不超过1kg为适宜。

(二)贪食症

贪食症也是一种饮食行为疾患,特点为发作性的过度进食,通常在发作后又采取自我呕吐、使用泻药或利尿剂、严格饮食、过度的体力劳动等不正常的方法,以减轻体重的增加。贪食症可单独出现,也可与神经性厌食同时出现。

贪食症的病人多来自饮食丰盛的家庭,父母,特别是母亲多数为肥胖者,病人在儿童期、青年期通常也比较胖,但同时又惧怕肥胖;由于在青少年时期养成的不良饮食习惯,使贪食症的病人对食物有着不可抑制的强烈愿望,常常不能控制或限制自己的饮食,发生暴食;病人暴食后,又十分后悔,只能用呕吐的方法,或者滥用泻药、减肥药,以控制自己的体重,于是就形成了“暴食—清除—暴食”这样的一个恶性循环。

贪食症的治疗原则,与神经性厌贪症的治疗相同。治疗的目的是帮助病人克服对过度饮食的强烈欲望,纠正异常的饮食行为。精神与心理治疗在贪食症病人的治疗中有着十分重要的作用。在进行饮食控制治疗时,要注意控制患者的餐次及摄食量。可少量多餐,每日餐次至少6次以上,严格控制每餐摄贪量。症状好转后,逐渐减少餐次并增加每餐摄人量。

第七节　老年人的营养与膳食

WHO根据各个国家和地区的不同情况,将老年界定统一在两个标准上,即60岁以上或65岁以上。

一、老年人的生理特点

衰老是人体进人老年后,最为突出的生理功能的改变。从组织学和功能学的角度来说,人体的衰老的特征是:细胞和构成物质的丧失,器官中功能细胞数逐渐减少,器官的功能逐渐降低;细胞代谢减缓,细胞对营养物质的汲取随着年龄的增高而减少,导致整个机体代谢的改变。但这些变化过程并不是进人老年期才会发生,许多变化可以出现在中年期。

老年人各器官和系统的功能都会变化,主要表现为:

进人老年期,激素的合成及代谢均下降。胸腺至40~50岁时,仅残留5%~10%的细胞,分泌量减少;前列腺素的合成减少,促使老年人出现相应的症状;甲状腺也发生改变,基础代谢随着年龄的增加而明显下降,75岁的老年人,基础代谢率比30岁年轻人下降26%;胰腺的功能下降,使葡萄糖耐量试验发生改变。

人体从30岁开始,心脏功能渐减,心率可出现减慢或加速;心搏出量自20岁后每年下降约1%,到60~70岁时,心搏出量可减少30%~40%;血管也会随年龄的增加弹性下降,最终使血管内阻力增加;毛细血管和静脉也发生一定的变化,可出现管腔变小。

消化系统器官功能的改变也是显而易见的。随年龄增加,牙齿易脱落,齿龈及齿根逐渐发生萎缩;舌表面味蕾退化,味觉功能下降;咸味阈值升高,导致老年人摄人过多的盐;口腔黏膜上皮角化增加,唾液分泌减少,易发生口干,出现吞咽困难,易发生口腔黏膜溃疡;唾液淀粉酶

活性减弱，使老年人消化从口腔开始就发生改变；食道蠕动及胃排空速度均减低；胃酸中游离盐酸及总酸度均下降，至老年期可下降40% ~50%；各种消化酶的分泌减少，不利于食物的消化；肠道血管硬化的出现，使小肠对各种营养素的吸收减少，以钙、铁、糖更明显；胰腺分泌的脂肪酶减少，导致脂肪吸收率下降；肠道肌张力减弱，老年人易出现便秘；胆石症随年龄增加发病率增高。

随着年龄的增加，肾单位数可减少30% ~40%，肾动脉硬化加重，肾排泄功能也随之减退；肾小球滤过率、葡萄糖转运量等均有降低。

老年人血红蛋白减少，红细胞脆性增加，骨髓红细胞摄取铁减少，因此老年人缺铁性贫血的发病率比较高。由于体内代谢的改变，血液中胆固醇的含量及甘油三酯的含量增高，使老年人患冠心病的可能性远远高于年轻人。

老年人由于代谢的减少，心功能和呼吸系统功能的降低，运动的能力、时间、强度等都明显下降，能量的消耗减少。特别是一些老年人的消化系统功能退化比较慢，食欲比较好时，更会产生这种现象，最终使体重超重。

二、老年人的营养需要

(一)能量

老年人基础代谢率降低及活动量减少，所需要的能量供应也相应减少。体重是恒量能量摄入与消耗是否平衡的可靠指标。超重和肥胖，或体重过低，都不利于健康和长寿。中国营养学会推荐的老人每日能量摄入量见附录1。

(二)蛋白质

过去对于老年人蛋白质的供给存在有两种看法，一种认为老年人的蛋白质供给量应大于青壮年。理由是机体对蛋白质的利用率低，分解大于合成。为补偿机体消耗，维持正常代谢，增强抵抗力需要足够的量；另一种观点则认为，老年人的蛋白质供给应与青年人相同，持这种观点的人基于“高蛋白会增加胃肠道、肝脏、肾脏的负担”的理论。

现在多数人认为，老年人随着年龄的增加，个体差异增大，发生退行性疾病与影响代谢的疾病增加，因而蛋白质以及能量的供给比较复杂，只有在正常成年人的基础上增加10%才是安全的。也就是说，在成年人蛋白质的供给量1.16g/kg · d的基础上调整为1.27g/kg · d；或者按照总能量摄入的15%供给。

(三)脂肪

老年人胆汁的分泌减少，酯酶的活性下降；血脂水平明显增加，胆固醇，甘油三酯和游离脂肪酸亦有增加。因此，老年人脂肪的摄人量不宜高。近年来的研究表明：4 ~14个碳的饱和脂肪酸易造成动脉粥样硬化；16碳的饱和脂肪酸棕榈油酸盐不影响血清总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇；n—3系多不饱和脂肪酸，如廿碳五烯酸(EPA)和廿二碳六烯酸(DHA)，有降低血液粘度防止血栓形成和动脉粥样硬化的作用；说明膳食脂肪的结构与动脉粥样硬化发生相关。脂肪中还含有人体不可缺乏的必需脂肪酸和一些脂溶性维生素，老年人过分禁忌脂肪是不合适的。

(四)碳水化合物

老年营养中的碳水化合物是相对地被忽视的一个问题。其实,碳水化合物的质与量,以及供给方式都会对老年人的健康与营养素的代谢产生很大的影响。当膳食中含有很高比例的碳水化合物热量时,血清往往变浊,β-脂蛋白浓度升高;老年人的糖耐量能力降低。膳食中的碳水化合物中以淀粉为佳,而用蔗糖来替代淀粉,则更容易形成高脂血症,还可能与糖尿病也有关。摄入碳水化合物的时间,从每日3次改为6次以上,更有利于老年人对糖的代谢与利用。

由于老年人的消化器官存在缺陷,例如牙齿脱落、胃纳变小,而食用甜食又往往被认为是生活水平提高这么一种错觉,因而如何处理碳水化合物,使"精"与"粗"相配合,是一个值得注意的问题。总的来说,精制糖应该尽可能控制。

我国老年营养专业组建议,碳水化合物热能占总热能55%~65%为宜。碳水化合物中有些不能被人体吸收利用的膳食纤维能增加粪便的体积,促进肠道蠕动,对降低血脂、血糖和预防结肠癌、乳腺癌有良好作用。

(五)维生素

人体衰老过程中的表现与维生素缺乏有类似的表现。充足的维生素有利于防止衰老。维生素A和β-胡萝卜素的摄入量充足,可以降低肺癌发生率;维生素D的补充有利于预防老年人的骨质疏松症;维生素E是一种天然的脂溶性抗氧化剂,能保护多不饱和脂肪酸,预防体内过氧化物的生成,对消除衰老的组织细胞中的脂质过氧化物——脂褐质有着积极的作用,且能改善皮肤的弹性,推迟性腺萎缩,有延缓衰老的作用。

老年人进食量的减少,会导致维生素的摄入量不足,一些慢性病也会导致继发性维生素缺乏症。对于进食量少的老年人补充一些维生素是有益的。但是如果能从食物中摄取,仍然比添加这些维生素片剂效果明显。

(六)矿物质

老年人常常出现钙的负平衡。机理还不十分清楚。但一部分老年男性从50岁开始,女性从40岁开始就有骨质逐步损失的现象。从老年人的骨质疏松症和钙负平衡等的研究观察表明,老年人对钙的需要比成年人高。老年人对钙的消化吸收率下降,意味着老年人应消费更多的乳制品、豆制品和其他含钙丰富的食物。必要时适当使用含钙的片剂,并且尽可能增加体力活动与户外活动,以延缓骨骼衰老。

除了一些受关注的无机盐,如铁、钠对老年人的健康起一定的作用外,近年来一些微量元素与老年性疾病的关系更加令人注意。其中铬、锰具有防止脂质代谢失常的作用;镁具有抗动脉硬化的作用,这与镁元素能改善脂质代谢,防止动脉壁损伤有关。同时,镁也能保持良好的心肌结构;钠与高血压的发病有密切关系;而钾具有拮抗钠的作用,食物中钾与钠之比最好为5:1。

老年人无机盐参考摄入量见附录1。

三、老年人的膳食调整

老年营养是一个复杂的问题,有其自身的特殊性。对老年人的膳食调整,至少要注意下面

几个原则：

（一）平衡膳食

老年人的膳食仍然以平衡膳食的要求作为基本。根据自身的需要，选择多种食物，严格的素食或限制进食量都是不合理的；各种营养素之间的平衡也十分重要的。任何一种营养素大量出现在人体内时，都会干扰其他营养素的代谢过程，甚至造成人体营养素代谢的紊乱。所以，老年人在进行营养补充或服用一些保健品时，要充分注意到这一点。

老年人退休后生活发生了比较大的变化，有些老年人的体力活动时间与程度会有所下降，而一些老年人反而有所上升。应根据老年人的具体情况确定其能量的供给。最适合的方法，是根据体重的变化状况而定，以保持适宜体重时的能量供给为宜。

（二）适当照顾老年人原有膳食习惯和爱好

不良饮食习惯的改变必须是一个逐渐的过程，如要改变老年人过咸、过甜的饮食习惯，必须有一个相对比较长的适应时间。如果突然改变，会造成消化系统的不适应，可能会产生相反的结果；

老年人在选择食物时，要注意其加工的程度，不宜太粗，也不宜过细过精。食物过于粗糙，会更加重消化道的负担，不利于营养素的消化吸收；过于精制，也会导致一些营养素的过多或缺乏。选择主食时，以标准米、标准面为佳；如果选择了精制的米、面，就要注意每周都选择一些粗粮、杂粮，作为补充。

采用合理的、适合老年人的烹调方法，不但可以增加老年人的食欲，同时也有利于老年人对食物中营养素的消化吸收。但也要注意，并不是说老年人食物的烹调就只能采用炖、焖等方法，如果口腔的功能退化并不明显，也可以选择其他的烹调方法。

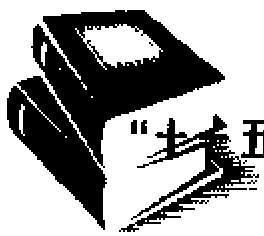
老年人的膳食制度应是少食多餐，不必拘泥于一日三餐，特别要避免暴饮暴食，晚餐过饱。老年人的饮水也要注意，一次不宜过多、过猛，晚上尽量少饮，以免因为夜尿影响睡眠。

创造一个愉快的进餐环境，对于老年人的食欲十分重要。现代化社会，家庭人口结构发生改变，老年人独居的现象比较普遍。特别是丧偶的老年人，会因为心理的改变，活动能力的下降，疾病的增加等，对食物的兴趣下降。解决这个问题需要社会的力量和家庭的共同努力，给老年人营造一个温暖、愉快、和睦的气氛，在进行膳食计划是不可忽视的一个方面。



思考题与习题

1. 孕妇在早期妊娠、中期妊娠和晚期妊娠的膳食安排各有哪些注意点？
2. 哺乳期的母亲膳食供给上应注意哪些内容？
3. 与牛乳喂养相比，母乳喂养有哪些优越性？
4. 为什么要给婴儿添加辅食？应从什么时候开始？要注意哪些原则？
5. 幼儿加餐应注意哪些问题？



6. 合理安排学龄前儿童的膳食应注意哪些方面?
7. 为改善儿童的营养状况,我国有哪些儿童营养改善行动计划?
8. 青春发育期的青少年易出现哪些营养性疾病? 应通过哪些膳食干预措施给予纠正?
9. 简述老年人营养需要的特点。
10. 安排老年人的膳食时,要注意哪些问题?

第九章　特殊环境条件下人群的食品营养要求

学习目的与要求

1. 了解特殊环境条件下人群的生理状况及营养需求特点。
2. 能根据不同特殊环境条件下人群的生理状况及营养需求特点制订合理的膳食计划。

人处于特殊的环境条件下生活或工作，往往会出现生理上的变化，直接影响机体的生理状况。人体为适应这些变化的环境，体内生理功能会发生一系列的变化，如产生交感神经兴奋，肾上腺素分泌增多，尿中去甲肾上腺素（NE）代谢物增加，脑内多巴胺（DA）的代谢改变，胰岛素、胰高血糖素、抗利尿素等一系列变化，从而影响了体内的物质代谢，使血糖升高，脂肪动员加速、血中游离脂肪酸含量升高、蛋白质分解加强甚至出现负氮平衡等。

人体对上述特殊环境条件的刺激而发生的这种体内调节过程称为应激反应，人体的应激反应与营养有着密切的关系。如人体营养状况较好或营养补充及时就能顺利抵御不利环境因素对健康的影响。相反则可能持续出现负氮平衡、糖原耗尽，严重时危及生命。因此，人体的应激反应可能将导致对某些营养素消耗量增多、需要量加大，特别对多种维生素和某些微量元素等需要量增加。另一方面，为保证机体健康还需对某些食物加以限制，因此为使人们身体能适应特殊环境、提高劳动生产力和保护健康，对上述人员的营养与膳食进行研究和指导具有现实意义。

第一节　高温环境条件下人群的食品营养要求

在工农业生产和生活中经常遇到各种高温环境，如冶金工业中的炼焦、炼铁、炼钢、轧钢，机械工业的铸造、锻造、陶瓷、搪瓷、玻璃等工厂的炉前作业，印染、缫丝、造纸厂的蒸煮场所，各种工厂的锅炉间，农业、建筑、运输业、夏季露天作业等。

高温环境通常指32℃以上的工作环境或35℃以上的生活环境。与机体处于一般温度下不同，高温环境使体温和环境温度之间温差缩小，高温下的机体不可能像常温下通过简单的体表辐射来散发代谢所产生的热，而必须通过生理上的适应性改变，来维持体温的相对恒定，这种适应性改变导致机体对营养的特殊要求。

一、高温环境下机体生理上的适应性改变

人体在高温环境下劳动和生活时，高温刺激体温调节中枢，体温调节中枢通过神经和体液的共同调节作用引起机体大量出汗，通过出汗及汗液的蒸发来散发机体代谢所产生的热，以维持体温的相对恒定。高温环境下出汗量的多少，因气温及劳动强度不同而异。大量出汗可引起下列生理上的改变。



(一)水及矿物质的丢失

当环境温度高于皮肤温度时,人体不能通过对流和辐射的方式散热,为了保持正常体温,皮肤血管扩张,以蒸发方式发散热量。此时组织液流入血管,血液中水分增加,有利于皮肤蒸发水分,通过大量出汗使体温下降。高温环境中劳动时出汗量达 1L/h,有的甚至高达 3~4 L/h,汗液中 99% 为水分,0.3% 为无机盐,包括钠、钾、钙、镁、铁等多种。其中最主要的为钠盐,约 80mmol/L,约占汗液无机盐总量的 54%~68%。一般情况下损失的氯化钠可达 15~25g/d。如不及时补充水和氯化钠,将引起严重的水盐丢失,当丢失量超过体重的 5% 时则可引起血液浓缩,出现体温升高、出汗减少、口干、头晕、心悸等中暑症状。

在丢失的矿物质中,钾的丢失仅次于钠,有人估计每日从汗液丢失的钾可达 100mmol 以上,高温环境下作业又不适当补钾时,可使血钾及红细胞内钾浓度下降,而使机体对热的耐受能力下降。临床上也有中暑患者血钾浓度低于正常的报道。此外,通过汗液损失的钙量为 0.17~0.21mmol/h,损失的镁量可达 0.065~0.3mmol/h。出汗时体内分泌的抗利尿素增加,促进肾脏水分的重吸收,尿液被浓缩而且量减少,增加了肾脏负担。出汗使皮肤血管扩张,血压的舒张压下降,血流旺盛,收缩压逐渐上升,脉搏增快,呼吸加深,换气量增加。若长期处于热环境中进行强劳动作业,可使心肌处于紧张状态而呈现生理性肥大。甲状腺对热环境也很敏感,机体受热时甲状腺素分泌减少,可引起血清结合碘含量下降。

(二)水溶性维生素的丢失

高温环境下大量出汗也引起水溶性维生素的大量丢失。有文献报道,汗液中抗坏血酸可达到 10μg/mL,以每日出汗 5L 计,从汗液丢失的维生素 C 可达 50mg/d。此外,据报道每升汗液含硫胺素约 0.14mg,以每日出汗 5L 计,可丢失硫胺素 0.7mg,其他 B 族维生素,如核黄素、尼克酸等也有相应量的丢失。

(三)可溶性含氮物丢失

有文献报道,高温作业时汗液中可溶性氮含量为 0.2~0.7g/L,其中主要是氨基酸,丢失量为 206~229mg/h。此外,由于机体处于高温及失水状态,加速了组织蛋白质的分解,使尿氮排出亦增加。

(四)消化液分泌减少,消化功能下降

高温环境下大量出汗引起的失水是消化液分泌减少的主要原因;出汗伴随的氯化钠的丢失使体内氯急剧减少,这也将影响到盐酸的分泌;另一方面,高温刺激下的体温调节中枢兴奋及伴随而致的摄水中枢兴奋也将对摄食中枢产生抑制性影响。其共同作用的结果是使高温环境下机体的消化功能减退及食欲下降。

(五)能量代谢增加

一方面高温引起机体基础代谢的增加,另一方面机体在对高温进行应激和适应的过程中,通过大量出汗、心律加快等进行体温调节,可引起机体热能消耗的增加。

二、高温环境下的营养需要

(一)水和矿物质水的补充

以补偿出汗丢失的水量保持体内水的平衡为原则,高温作业者凭口渴感饮水是主要的依据,再参照其劳动强度及具体生活环境建议的补水量范围,如中等劳动强度、中等气象条件时日补水量需3~5L。强劳动及气温或辐射热特别高时,日补水量需5L以上。补水方法以少量多次为宜,以免影响食欲。补充饮料的温度以10℃左右为宜。

无机盐的补充以食盐为主,日出汗小于3L者,日补盐量需15g左右。日出汗超过5L者,日补盐量需20~25g。以含盐饮料补充食盐时,其中氯化钠的浓度以0.1%为宜。钾盐及其他无机盐的补充以食用含无机盐的各种蔬菜、水果、豆类为宜。对那些气温及辐射热特别高的环境下作业的人群,尤其是在刚进入高温环境的头几天,机体对高温还无法适应时,应补充含钠、钾、钙、镁等多种盐的混合盐片。

(二)水溶性维生素

维生素C、硫胺素和核黄素的供给量分别为150~200mg/d、2.5~3mg/d和2.5~3.5mg/d。

(三)蛋白质和热能

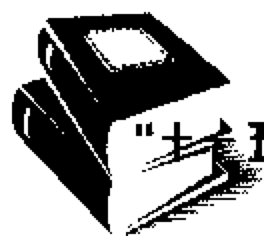
因高温环境下机体分解代谢的增加及氨基酸从汗液的丢失,蛋白质摄入量亦适当增加,由于高温作业人群食欲下降,建议补充蛋白质中优质蛋白质占总蛋白质比例不低于50%;热能的供给以中国营养学会2000年修订的DRIs标准供给量为基础,当环境的温度在30℃以上时,每上升1℃应增加热能供给0.5%。

第二节　低温环境条件下人群的食品营养要求

人体长期处于环境温度10℃以下或长期在局部10℃以下环境工作视为低温环境,如制冷业、冷库、南北极考察等。前者主要是常年居住地区的地理环境所致,后者则是某些人群特殊劳动性质所造成。我国某些高纬度地区及部分高原地区,年平均气温均在10℃以下,这些地区的居民长年受环境低温的影响,其次是我国大部分地区的冬季低温,如一月份气温达10℃以下都可认为是低温环境。

一、低温环境对人体生理的影响

当人体遇到低温寒冷刺激时,皮肤血管收缩、皮肤温度下降,出现鸡皮疙瘩,使皮肤表面粗糙,表面空气流动减少,散热相应减少。若皮肤进一步受冷,就会发生战栗反射,所以必须增加热量以保持体温,一般来说总能量约增加5%~25%,若长时间持续在寒冷环境中工作,人体即出现适应状况,这种适应过程称为习服。在寒冷环境中,人体甲状腺素、肾上腺素分泌增多,由于皮肤血管收缩、血压上升,机体代谢方式最明显的改变是由以碳水化合物供能为主,逐步转为以蛋白质、脂肪供能为主,蛋白质供热为13%~15%,其中含蛋氨酸较多的动物蛋白质应占



总蛋白质的50%,因为蛋氨酸是甲基的供体,甲基对提高耐寒能力极为重要。糖原被迅速分解,血糖增高,肌肉血液量增加,加之防寒服的负担也使能量消耗增高,体内氧化代谢增强,热代谢加速,耗氧量也增高。因此长期在寒带生活的人群,基础代谢较温带的高,有时可高出10%~30%。若体内产能营养素贮备丰富,补充及时,人的御寒能力较强。因此一般皮下脂肪丰富、肌肉发达的人对寒冷的抵抗力较强,而瘦人、老人及体弱幼儿等较差。此外,寒冷环境中胃液分泌量和酸度都增高,胃肠容易处于排空状态,因而食欲也较旺盛。

二、低温环境作业人员的合理营养

(一)供给充足的能量

在寒冷环境中,人需要摄入足够的能量才能维持能量平衡,碳水化合物和脂肪都是重要的能量来源,但碳水化合物优先被利用。动物和人体实验都证明:进食含脂肪高的膳食,对寒冷的耐力强。通常在寒冷环境下人们也表现出对高脂膳食的喜好。根据目前国内外学者对寒冷地区作业人员营养状况的研究认为,膳食构成中脂肪能量比为35%~37%、碳水化合物为48%~50%、蛋白质为14%~15%较为合理。

(二)供给优质蛋白

低温环境对蛋白质供给无特殊要求,但蛋白质的供给也应充裕。在低温下,人体蛋白质分解加速,氨基酸消耗量大,近年认为蛋氨酸对增强机体的耐寒力有重要意义。因此动物蛋白及大豆蛋白等优质蛋白质应占蛋白质总量的50%或更多。

(三)供给充足的多种维生素

由于寒冷环境下人体热能消耗增大,使其对维生素A、维生素D、维生素B_1、维生素B_2、烟酸、维生素B_6及维生素C等多种维生素的需要量增加,而且目前认为维生素C与寒冷适应性关系最密切。动物和人体实验都证明,若保证摄入充足的维生素C,并使血中维生素C水平达到1mg/dL,此时动物和人对寒冷都有较高的耐受性。寒冷地区新鲜蔬菜有时不能按时补充,也可用维生素C片剂补充。有的国家提出,中等体力活动者在寒冷环境下作业,每日维生素A的摄入量应为1500μgRE、维生素B_1 2mg、维生素B_2 2.5mg、维生素C 100mg、烟酸15mg、维生素B_6 2mg。寒冷地区生活户外活动减少,日照短而使体内维生素D合成不足,每日应补充10μg维生素D。

(四)供给充足的钙、钠等矿质元素

由于低温的刺激常常引起肾上腺素分泌增加,使交感神经兴奋,导致血钙减少和尿钙排出增多,加上日照短维生素D合成不足致钙吸收和利用率降低,故应尽可能增加寒冷地区居民富钙食物,如奶或奶制品的供给。又因受冷,人的尿量增加,随尿排出的钠、钾、钙等无机盐较温暖气温下多,因而无机盐的供给应稍高于正常水平。有的研究报告认为,高食盐的膳食有利于人体对寒冷环境的适应,但居住在寒冷地区的爱斯基摩人,在膳食中所用食盐含量每日仅2~3g。目前认为食盐摄入过多对健康不利,因此不提倡食用过咸食品。

第三节 缺氧环境条件下人群的营养要求

缺氧是生活或工作在高原或(和)寒冷地区的人群所面临的一个特殊环境,为克服缺氧所带来的不利因素,这些地区的人群应有相应的特殊营养要求。

"高原"一词无明确意义,一般指海拔3000m以上的地区称高原。常年居住在西藏、青海、新疆、四川、云南、贵州等省自治区海拔3000m以上的人群约有1000多万。

高原、寒冷环境的大气氧分压降低,使人体血氧饱和度减低,常出现缺氧症状。当血氧饱和度低于80%时,常会发生头晕、头痛、昏迷、心悸、气促、恶心、呕吐、食欲下降、腹胀、腹泻及周身无力等。缺氧时蛋白质和氨基酸代谢加强,氮的摄入量减少,脂肪分解大于合成,而血清中游离脂肪酸和甘油三酯明显增加。急性缺氧,水代谢呈负平衡,电解质代谢出现紊乱,细胞外液减少,细胞内液增加。高原地区环境不仅使人体缺氧,也带来严寒,高碳水化合物供给有利于提高人体对缺氧的耐力。同时进入高原缺氧环境,人体造血机能增强,对铁需要量增加。呼吸酶活性降低,人体增加对维生素 B_1、维生素 B_2、维生素C和尼克酸的需要。

一、高原、寒冷作业人员的营养需要

(一)热能

大多数人都有这样的经验,即天冷时吃得比较多,这是什么原因呢?在寒冷环境中,我们为了御寒要穿较多的衣服,更厚的鞋、袜,因而增加了身体的负重量,活动时比较费力,使得热能消耗增加。若是在雪地上行走或滑雪,则热能消耗更大,以每平方米体表面积消耗的热能计算,在雪地上行走可比在一般道路上行走增加1~2倍的热能消耗。

在高原地带除了寒冷的原因使热能消耗增加外,还有缺氧本身的影响。这种影响在4300米以上高原更加明显,这是由于在高原地区,人体的基础代谢较在平原地区者增加5.78%~9.76%,并且平时氧耗量也比平原增加,氧耗量增加表明代谢增加。由于热能消耗增加,所以就要多吃食物来满足身体对热能的要求。在寒冷地区的人们摄入足够的热能才可以维持平衡。但初进高原地区的人,食欲往往下降,摄入的食物较平原地区减少25%~50%,在4300米以上的高原,人们的食欲下降更为明显,摄入的热能只为平原的58%~72%,因此出现热能代谢的负平衡。初进高原地区的人为什么食欲下降呢?研究的结果表明,缺氧可使消化腺如唾液腺、胃肠等腺体及胆汁分泌减少,胃液中游离盐酸含量也较低,缺氧还可使胃排空时间延长,因此,对初进高原的人要给易消化的可口食物。

(二)蛋白质

在高原或寒冷条件下,体内蛋白质分解代谢增加,表现为突然受冻或初到4300m高原时身体出现负氮平衡。还有人观察到血清中必需氨基酸浓度下降,而谷氨酸、牛磺酸和尿素含量增加,这些变化与蛋白质摄入不足的情况相近。因此在膳食中应供给充足的蛋白质,否则可能因蛋白质摄入不足,而使机体不能很好地适应寒冷与高原环境。

(三)三大营养素的比例

科学实验表明,在寒冷条件下,吃脂肪含量多的膳食者,其体温下降较慢、耐寒能力增强。



在高原环境里,体内动员脂肪量增加,表现为血浆中脂肪含量增多。

膳食组成不同会影响在高原环境里体重下降的程度及耐受性,许多人对此进行了研究。对高碳水化合物膳食进行了许多实验,结果表明,吃含碳水化合物多的膳食,可以改善体内供氧状况,使肺泡和动脉血中的氧含量增加,增加肺泡—毛细管的气体交换,从而减轻高山病的症状和提高劳动效率,增进对高原的耐受力。如给青年人热能相等的两种食物,一种为高碳水化合物食物,含碳水化合物68%、含脂肪20%;另一种为高脂肪食物,含碳水化合物48%、含脂肪40%。在突然到4600米高山时,吃前一种膳食者,他们强劳动的技能较好。初到高原的人,因食欲下降不喜欢脂肪含量高的膳食,喜爱碳水化合物含量高的膳食,这可能反映了人体的生理需要。

有人调查,发现初到4000米高原的妇女的摄食量,与在平原地区时比较,热能摄入下降了42%,脂肪摄入量下降了54%,碳水化合物与蛋白质分别下降了31.6%及31.5%。而若按占总热能的比例计算,则碳水化合物与蛋白质的比例皆增加20%,而脂肪比例减少了20%。

在进入高原地区时给含脂肪多的膳食是有害的,这是因为产生同等量的热能时,脂肪代谢消耗的氧比蛋白质、碳化物代谢时消耗的氧多。除此以外,高脂肪膳食还影响动脉中氧的输送。动物实验表明,供给的膳食应该注意各种营养素的比例。

(四)矿物质

在高原地区还要注意铁的供应问题。因为在高原地区的人造血机能较平原地区的人旺盛,血红蛋白的含量也较高。因此,应增加铁的供给量,同时还要增加促进铁吸收的各种物质的供给量。

(五)维生素

有不少的人研究寒冷及高原地区对人体维生素代谢有何影响。结果发现,在寒冷地区户外劳动的人,尿中排出抗坏血酸、硫胺素、4-吡哆酸及核黄素减少,而且血中的维生素A及抗坏血酸含量也较不受寒冷影响的人低。这都表明在寒冷地区人体中,维生素的消耗量增加了。

在高原地区缺氧的条件下,维生素代谢也受到影响,在高原人体尿中硫胺素、核黄素及尼克酰胺排出量减少。若在登山时给维生素A、硫胺素、核黄素、吡哆醇、维生素B_{12}、泛酸钙、尼克酸及抗坏血酸等复合维生素制剂,当从高山返回平原地区时,服用维生素复合制剂者劳动效率与登山前一样,而未服用此制剂者劳动效率低于登山前。另外,有人认为维生素E对促进在高山区体力活动的效率有较大的作用,因为在登山队员中可遇到类似维生素E不足的症状。因此,保证维生素供给量是很重要的。

二、高原、寒冷作业人员的合理膳食

高原、寒冷环境条件下膳食营养平衡的原则是促进对缺氧的适应、提高对缺氧的耐力,这类地区的主副食品一般从平原地区调运,所以要注意选择营养丰富,质量优良的食品,例如牛肉、鸡、鱼,蔬菜和水果,而且还要注意供给含碘量丰富的食品,并注意改进烹调方法,保证所需营养素的摄取,适当增加调味品如辣椒、姜、葱、蒜、醋等,以刺激食欲增加。

生活在寒冷或高原地区的人在膳食上有何要求呢?首先要有充足的热能,当然确定热能的供给量主要取决于劳动强度,而在同样的劳动强度条件下,生活在寒冷或高原地区的人供给

的热能应较生活在平原或温暖地区的人增加约 10%。其中蛋白质供给量应占总热能 10% 以上，而且应含有优质蛋白质。寒冷地区应适当增加脂肪含量，并供给充足的维生素。

在寒冷时人们常饮酒使身上感到暖和，但饮酒后可使身体热的丧失增加。有人观察到，寒冷中饮酒后皮肤温度及直肠温度均显著降低，而且出现了低血糖的症状。若在酒中加葡萄糖可使热的丧失减少，也可不发生低血糖的症状。

在高原地区供给的膳食中，要含有丰富的碳水化合物。我国的膳食中一般碳水化合物含量皆为总热能 60% 以上，适合高原地区人们的要求。在维生素的供给上，要特别注意供给充足的抗坏血酸，以促进铁的吸收，多供给含铁量多的食物。由于初进高原的人食欲下降，因此要注意调配膳食，保证供应热的饭菜，饭菜可口，特别注意提供可口的汤，避免油腻。有人发现胡萝卜与苹果等可以增加对高原缺氧的耐受力。还有人提出供给酸的、甜的饮料可以补充水分，还可减轻疲劳。

适宜高原、寒冷环境条件下人群选用的加工食品有：

(1) 富含蛋白质的罐头和真空包装食品如红烧肉、鸭、鸡、火腿午餐肉、猪肝酱、奶酪、酸奶、蛋类等。

(2) 植物性罐头如橘子、菠萝、山楂、脱水蔬菜，速冻蔬菜，加工的海藻类食品等。

(3) 果汁、菜汁类饮料，不仅含丰富的维生素 C，还含丰富的矿物质及生物类黄酮，有助于人体对空气稀薄的耐受性。

第四节　运动条件下人群的食品营养要求

从事体育运动的人员除具有良好的耐力，还要有高度的灵敏性。良好的营养将促进运动员的体格健壮，体力增强，并提高训练及竞赛时的运动能力，也有利于赛后疲劳的消除与体力恢复。

一、运动对人体生理的影响

运动员在训练和比赛时的生理变化主要因肌肉活动量增大而引起。肌肉在活动时能量来源主要靠糖及脂肪的氧化分解。糖容易氧化，耗氧量比脂肪小，其代谢产物为二氧化碳和水，对体液 pH 影响小，在运动开始和大强度运动时，糖代谢所占比例较高；而运动强度小或糖原贮备大量被消耗后，脂肪氧化的比例增高。运动员体内贮备的糖原约 375～475g，其中肌糖原 100～120g，肝糖原 275g，血糖 5～8g，但血糖仅维持 2min 的快速跑，维持血糖浓度主要靠肝糖原和肌糖原的降解。因此体内的糖原贮备是影响运动员耐久力的重要因素，这些糖贮备大约可供给持续 90～180min 的运动，如长跑、长距离游泳、滑雪、马拉松等项运动。若运动员糖贮备耗尽，则会出现低血糖，接着还会出现神经系统机能发生障碍、头晕、无力及运动能力下降。

体育运动可以促进脂肪代谢、降低血脂，减少体内脂肪的过多贮留，有人报道马拉松赛跑和长跑运动员的体脂平均为 5%～7%，而普通大学生体脂为体重的 11%～14%。但若运动员摄入过多脂肪则对运动不利，这是因为脂肪氧化耗氧最高，加之高血脂的血流缓慢，影响体内氧的供应，从而影响运动成绩。此外，高脂饮食会增加运动后丙酮酸和乳酸的浓度，使身体容易疲劳。

训练期间运动员的肌肉处于增长阶段，此期间应增加蛋白质的供给量。参加运动使机体

代谢增强,能量消耗增加,并且出汗率高(即短时间集中大量出汗),机体对氮的排出量明显增多,水分、无机盐及水溶性维生素的丢失量比正常人多。运动员在热和体力运动两种应激同时存在时,处于失水、失盐状态,此时表现为体温升高、脉率加快、心血输出量减少、肌力减弱等疲劳症状。

二、运动员的合理营养

(一)能量

运动中主要能量是糖和脂肪酸,两者比例取决于运动强度。当运动强度达到最大吸氧量的75%以上时,糖氧化供能比例上升。而当运动强度降低到最大吸氧量65%以下时,脂肪的供能比例增加。运动的耐久力和糖原贮备量有关,正常人体内糖原贮备量约为350g,膳食中碳水化合物比例影响运动员糖原贮备,赛前高碳水化合物,增加糖原贮备,从而增加运动的耐力。体育运动的能量消耗因运动量不同有很大差异,运动员在训练期间每日能量消耗平均比一般人多4.2MJ左右,每人每日约需能量14.6~17.6MJ。但项目不同有一定差异,如跳水、体操运动员的能量摄入量约为11.7MJ,围棋运动员则只需10MJ,与轻体力劳动者相当。多数学者建议,运动员膳食中蛋白质占总摄入能量的15%、脂肪为25%~30%、碳水化合物为55%~60%为宜。如登山等缺氧运动,膳食中碳水化合物的能量比可为65%~70%,脂肪减为20%~25%;若是冬季的项目和游泳等,脂肪的能量比可增加到30%~35%。

(二)蛋白质

蛋白质供给充分对维持运动员的神经兴奋及弥补运动中消耗的蛋白质是很必要的,因而建议运动员蛋白质可按每千克体重1.2~2.0g供给。若是高强度项目还可适当追加,而且在质量上应当有30%左右的优质蛋白质。

(三)脂肪

运动员饮食中控制适宜的脂肪量,一般脂肪能量比为30%左右,高脂饮食会增加血浆游离脂肪酸FFA(free fatty acid)的浓度,有利于FFA的氧化和利用,但在训练和比赛前不提倡高脂饮食。体内脂肪贮存量过多会影响运动能力,体内脂肪氧化的耗氧量高,高脂肪的食物不容易消化,延缓胃的排空,吸收慢,脂肪代谢物属酸性,脂肪氧化不全的产物(酮体)蓄积会降低人的耐久力。关于脂肪酸来源的比例,近期资料提出饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸所占比例均可小于1/3,而单不饱和脂肪酸的比例则可略大于1/3。

(四)碳水化合物

碳水化合物是运动的重要能源物质,实验证明碳水化合物作为肌肉运动的能源,消耗等量氧的产能效率比脂肪高4%~5%,这种差异在比赛时可能会成为影响胜负的因素。运动员体内肌糖原贮备水平与运动的耐力直接相关,而糖原贮备又受膳食中摄人碳水化合物量的影响,赛前和赛中补充糖都有助于运动员耐力提高。

(五)水分和矿物质

长时间运动或在热环境下运动,出汗较多,水代谢旺盛,当运动失水超过体重的2%,常感

到口渴。一般认为失水量为体重的3%～4%时，基本上不影响运动成绩，但若失水量达到体重的5%时，运动能力明显下降，但训练有素的运动员影响程度要小些。运动员水的供给量应以保持水平衡，补足失水量为原则，若大量出汗后应采用少量多次补充的方法。运动中补液时，液体温度10～13℃比较适口，有利降低体温。由于运动引起人体大量出汗时，也使一些矿物质丢失明显增加，跟随汗液流失大量的矿物质有钠和钾及少量的钙及镁等。运动员缺钾时糖的利用受限，还会增加肌肉损伤的概率。体内ATP合成和氧化磷酸化过程受影响，肌肉血流量相应减少，故可引起肌肉无力导致运动成绩下降，因此应补充含钾丰富的水果、蔬菜、瘦肉类及含钙、镁、磷、铁丰富的食品是非常必要的。铁主要存在于人体内的血红蛋白、肌蛋白中，并与多种氧化酶、呼吸酶有关，因而铁营养与运动员的摄氧能力、尤其是耐力项目的运动有关。对于运动员的运动性贫血，陈吉棣等(1990)对其发生原因进行了一系列研究，结果表明：膳食营养不合理，摄人铁的利用率低，大量出汗使铁的损失量增加等均与运动员缺铁性贫血的发生有关。因而铁的日摄入量应比正常人多，一般为20～25mg。

(六)维生素

维生素在体育运动中的作用与劳动中的作用相同。运动时体内物质代谢过程加强，使其维生素的需要量增加，若经常进行剧烈运动不注意补充维生素，可使维生素的缺乏症提前发生或症状加重。运动员对于维生素的缺乏情况比一般人耐受性差。维生素A在体内除参与视紫红质形成、保护上皮细胞的健康外还与应激机能有关。许多运动要求视力集中如击剑、射击、乒乓球等项目其运动员的维生素A供给量应比参加其他项目要高，而且摄人量的2/3最好由动物食品供给。因运动员总能量摄人高于一般人，加之汗液中水溶性维生素的丢失大，相应地需补充丰富的水溶性维生素。一些研究指出，体内若缺乏维生素B_1、维生素B_2、维生素C及烟酸时，运动员肌肉无力，耐久力受损害，容易疲劳，免疫力下降，相反若这些维生素供给充足，则可提高肌肉的耐久力，运动后也较易恢复。多数学者认为，运动员的维生素摄入量大致为正常成人的1～1.5倍。

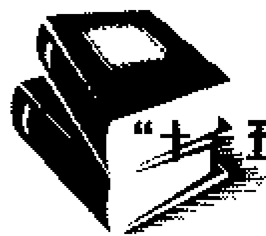
第五节 职业接触有毒有害物质人群的营养要求

职业接触有毒有害化学物质种类繁多；概括起来包括重金属铅、汞、镉等，卤烃类四氯化碳、三氯甲烷、氯化氢等，芳香类苯、苯胺、硝基苯等，有机磷及有机氯等杀虫剂以及矽尘、煤尘、棉尘等。这些化合物进人人体后或干扰、破坏机体正常的生理过程，或干扰、破坏营养物质在体内的代谢，或损害特定的靶组织或靶器官，危害人体健康。

职业接触涉及的有毒、有害化合物的大多数进人机体后在肝脏经肝微粒体混合功能氧化酶代谢，其中绝大多数经代谢减毒后经胆汁或尿排出体外，部分有毒有害化学物质可直接与还原性谷胱甘肽结合而解毒。机体营养状况良好时，可通过对酶活性的调节来增加机体的解毒能力，提高机体对毒物的耐受和抵抗力。

1.蛋白质营养状况

良好的蛋白质营养状况，既可提高机体对毒物的耐受能力，也可调节肝微粒体酶活性至最佳状态，增强机体解毒能力。尤其是含蛋氨酸充足的优质蛋白质供给，可提高谷胱甘肽还原酶的活性，增加机体对铅及其他重金属、卤化物、芳香烃类毒物的解毒作用。



2. 维生素 C

维生素 C 具有良好的氧化还原作用,被认为是体内重要的自由基清除剂之一,能清除毒物代谢时所产生的自由基,保护机体免受大多数毒物造成的氧化损伤。维生素 C 还可使氧化型谷胱甘肽再生成还原型谷胱甘肽,继续发挥对毒物的解毒作用。此外,维生素 C 可提供活泼的羟基,有利于毒物解毒过程的羟化反应,也被认为对大多数毒物有解毒作用。

3. 维生素 E 及其他抗氧化剂

维生素 E 及其他抗氧化营养素如 β-胡萝卜素等,既可直接参与清除自由基的反应,也可保护生物膜免受毒物代谢所产生的自由基的攻击,维持膜的稳定性。

4. 高脂肪膳食

膳食中脂肪的供热比大于 30% 时,使脂溶性毒物有机氯、苯以及铅、饱和烃类、卤代烃类、芳香烃类等在肠道的吸收及体内蓄积增加。但磷脂作为肝内质网生物膜的重要成分,适量的补充又有助于提高混合功能氧化酶的活性,加速生物转化及毒物的排出。因此,在平衡膳食基础上,针对不同的毒物,有目的地对营养和膳食加以调整,对职业人群极为重要。

一、铅作业人群的营养和膳食

铅作业常见于冶金、蓄电池工厂。人体因职业接触铅时,铅可通过呼吸道和消化进入人体,蓄积在体内,主要以不溶性正磷酸盐沉积在骨骼系统中,引起神经系统的损害和血红蛋白合成障碍。在平衡膳食基础上的营养补充或有助于减少铅在肠道的吸收,或增加进入体内的铅经肾脏的排出,或提高机体对铅毒的耐受,保护和减少铅对神经系统及造血系统损害。

(一)供给充足的维生素 C

对职业接触铅的人群而言,维生素 C 是一个重要的营养素。维生素 C 预防和减少铅中毒的作用包括如下几方面的机制:

(1)维生素 C 可在肠道与铅形成溶解度较低的抗坏血酸铅盐,以减少铅在肠道的吸收。

(2)维生素 C 的氧化型和还原型可作为体内重要的氧化还原体系之一,使氧化型谷胱甘肽(GSSG)还原成还原型谷胱甘肽(GSH)而不断发挥其对铅的解毒作用。

(3)对铅中毒的人群补充维生素 C,可以治疗铅中毒时大量维生素 C 消耗所致的坏血病。为此大多数专家建议职业接触铅人群应供给 150~200mg/d 的维生素 C。除每日供给 500g 蔬菜外,至少还应补充维生素 C 100mg/d。

(二)补充富含硫氨基酸的优质蛋白质

蛋白质营养不良可降低机体的排铅能力,增加铅在体内的蓄积和机体对铅中毒的敏感性。充足的蛋白质,尤其是含硫氨基酸丰富的蛋白质是谷胱甘肽中胱氨酸的主要来源,适宜的补充有利于发挥谷胱甘肽对铅的解毒作用。故专家建议职业接触铅的人群蛋白质供给量占总热能的 14%~15%,其中动物蛋白质宜占总蛋白质的 50%。

(三)补充保护神经系统和促进血红蛋白合成的营养素

鉴于铅对神经系统和造血系统的毒性,在铅中毒的预防和治疗时,要适当补充对铅中毒靶组织和靶器官有保护作用的营养素,如维生素 B_1、维生素 B_{12} 及叶酸,其中充足的维生素 B_{12}、叶

酸可促进血红蛋白的合成和红细胞的生成，维生素 B_1 的食物来源主要包括豆类、谷类、瘦肉；叶酸来源于绿叶蔬菜；维生素 B_{12} 的来源主要为动物肝脏及发酵制品。临床上维生素 B_1、维生素 B_{12}、维生素 B_6 通常作为神经系统的营养物质用于铅作业人群。

（四）适当限制膳食脂肪的摄入

专家建议的脂肪供热比不宜超过 25%，以避免高脂肪膳食所导致的铅在小肠吸收的增加。

（五）成酸性食品与成碱性食品的交替使用

谷类、豆类和含蛋白质较多的成酸性食品的摄入，有利于骨骼内沉积的 $Pb_3(PO_4)_2$ 在血液中形成可溶性 $PbHPO_4$，经尿从体内排出，常用于慢性铅中毒时排铅治疗。而含钙、镁、钾等较多的蔬菜、水果和奶类等成碱性食物的供给有利于血中 $PbHPO_4$ 在较高浓度时，形成 $Pb_3(PO_4)_2$ 进入骨骼组织，以缓解铅的急性毒性。

二、苯作业人群的营养和膳食

苯及其化合物苯胺、硝基苯均是脂溶性并可挥发的有机化合物，主要用于有机溶剂、稀薄剂和化工原料，接触苯的工作主要有炼焦、石油裂化、油漆、染料、塑料、合成橡胶、农药、印刷以及合成洗涤剂等。苯作业时，苯主要通过呼吸道进入人体，其毒性的靶器官是神经组织和造血系统。对苯作业人群的营养指导，应在推荐的平衡膳食基础上，针对性地补充某些营养素，以预防或减低苯对机体的毒性。

（一）增加优质蛋白质的供给

苯作业人群优质蛋白质的供给，一方面有利于提高肝脏微粒体混合功能氧化酶的活性，进而提高机体对苯的解毒能力，使苯羟化成酚后与葡萄糖醛酸结合由机体排出体外；另一方面，优质蛋白质尤其是含硫氨基酸丰富的蛋白质提供了足够的胱氨酸以利于维持体内还原型谷胱甘肽的适应水平，因部分苯可直接与还原型谷胱甘肽结合而解毒。动物实验结果表明，在吸收苯蒸气的情况下，饲喂低蛋白饲料的动物其生长发育远比高蛋白组差。建议苯作业人群的蛋白质供给中，动物性蛋白质应占总蛋白质的 50%。

（二）适当限制膳食脂肪的供给

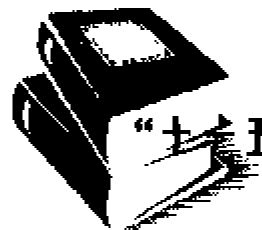
苯对脂肪的亲和力强，高脂肪摄入可增加苯在体内的蓄积及机体对苯的敏感性，甚至导致体内苯排出速度的减缓。专家建议膳食脂肪供热比不宜超过 25%。

（三）碳水化合物

碳水化合物可以提高机体对苯的耐受性，因为碳水化合物代谢过程中可以提供重要的解毒剂葡萄糖醛酸。在肝、肾等组织内苯与葡萄糖醛酸结合，易于随胆汁排出。

（四）补充维生素 C

苯进入机体后主要在肝细胞内经混合功能氧化酶进行生物转化，羟化是其解毒的重要途径。维生素 C 是体内重要氧化还原体系之一，也是体内羟基的供体。有研究表明，苯代谢时其



羟化过程受血中维生素 C 水平的制约。而苯作业人群血中维生素 C 水平通常降低,尿中维生素 C 排出减少。动物实验亦观察到苯中毒时血和尿中维生素 C 含量均降低,对维生素 C 的需要量增加,故摄入量应予以提高,故有人建议对苯作业人群在平衡膳食的基础上补充维生素 C 150mg/d。

(五)补充促进造血的有关营养素

鉴于苯对造血系统的毒性,在苯中毒的预防和治疗时,要在平衡膳食的基础上适当补充铁、维生素 B_{12} 及叶酸,以促进血红蛋白的合成和红细胞的生成。对苯毒性而引起的出血倾向者除补充维生素 C 外也应补充维生素 K。

三、磷作业人员的营养

无机磷中毒主要表现为肝脏损害,体内物质代谢紊乱,蛋白质分解加快,尿中氮排泄量增多,血中碱储备降低,血糖降低,乳酸增加。由于体内磷增高,钙磷正常平衡失调,骨组织发生脱钙,血清钙增高。

磷作业工人维生素代谢也发生改变,硫胺素、核黄素和抗坏血酸消耗增加,容易出现维生素缺乏症状,尤以抗坏血酸缺乏症较为多见,如齿龈出血等。

根据上述情况,磷作业工人应供给高蛋白质、高糖类、高维生素、低脂肪的膳食,以利于更好地保护肝脏。每日膳食中蛋白质的供给量应在 90g 以上,硫胺素 3~4mg,核黄素 2~3mg,抗坏血酸至少 150mg。为了维持体内钙的正常代谢过程,膳食中也应供给充足的钙质。

为保证上述营养素的供给,磷作业工人膳食中应搭配富有优质蛋白质的动物性食物和豆类。多供给新鲜蔬菜和水果,一方面含有丰富的抗坏血酸可促进磷在体内氧化的速度,另一方面蔬菜、水果为成碱食物,可以中和磷形成的酸性化合物,有助于体内酸碱平衡的维持。

四、农药作业人员的营养

常用的农药为有机磷和有机氯,人在从事农药(特别是有机磷)的生产、包装、搬运、配药、喷洒和播种等各个环节都可因接触到农药而引起中毒。农药可通过呼吸道、消化道和皮肤侵入体内,在体内蓄积引起一系列急、慢性中毒症状,损害神经系统和肝、肾等实质性脏器,出现倦怠、食欲不振、头痛及震颤等全身症状。

蛋白质对农药毒性有明显的作用,蛋白质供给不足,可加重农药的毒性。膳食中蛋白质充足时可提高肝微粒体酶的活性,加快对农药的分解代谢。碳水化合物对农药的作用是间接的,它通过改变蛋白质的利用率和避免蛋白质作为能量而分解,而起到一定的解毒作用。

体内的脂肪组织可蓄积一定量的农药,缓解中毒症状的出现,但并不能降低农药对机体的损伤作用。

维生素与农药毒性有关。维生素 C 能提高肝脏的解毒能力,此外维生素 B_1、维生素 B_2、尼克酸、蛋氨酸和叶酸对预防或减轻农药的毒性也有一定作用。

五、接触汞人员的营养

汞为原浆毒,在某些工业生产中,汞矿开采和冶炼、仪器仪表制造、电器器材制造、化工、军火及医药等。工人可接触到汞及其化合物,可通过呼吸道、消化道和皮肤吸入体内,汞在体内

与蛋白质中的巯基有很强的"亲和力",能抑制许多酶的活性,影响机体的代谢过程。汞易溶于类脂质,所以容易透过含有类脂质的细胞膜,作用于内脏和神经系统。进食汞污染的食物或饮水也可引起中毒。汞中毒的主要表现为口腔炎、神经精神症状及汞性震颤。根据汞对机体的危害特点,汞作业工人的保护性膳食,应增加蛋白质的供给,尤其多供给动物性蛋白质,因动物性蛋白质中含蛋氨酸较多,在体内可转变成含巯基的胱氨酸及半胱氨酸,可以保护体内含巯基酶免受汞的毒害。金属汞易溶于类脂质,汞蒸气容易透过细胞膜进入血液,并很快进入组织中。汞进入血液后,与血清蛋白及血红蛋白结合,蓄积在肾、肝、心、脑中,引起这些脏器的病变。汞与蛋白质的巯基(-SH)具有特殊的亲和力,可使含巯基的酶失去活性,引起生理功能紊乱。由于慢性汞中毒可引起蛋白尿,使机体不断丧失蛋白质。另外肝脏、肾脏受到的损害也需要充足的优质蛋白质提供修补、再生。因此膳食中应有足够的动物性食品和豆制品,这些食物含有较高的甲硫氨酸,其中的巯基可与汞结合,从而保护含有巯基的酶的活性,减轻中毒症状。

除蛋白质外微量元素硒与维生素E对于汞中毒均有明显的防护作用。硒可维持肝、肾细胞内谷胱甘肽过氧化酶的活性,能减轻中毒症状。硒还能束缚汞并与蛋白质的巯基结合,使汞不能到达靶细胞而产生毒性作用。维生素E除了能防止汞对神经系统的损害外,还能提高硒的营养效应。有试验供给汞作业人员高蛋白、低脂肪膳食,能明显修补肝细胞损伤,防止脂肪肝,改善肝功能。含果胶较多的胡萝卜也能使汞加速排出,减轻中毒症状。在调配日常膳食时,应选择含硒较高的海产品、肉类、肝脏等,含维生素E较多的绿色蔬菜、奶、蛋、鱼、花生与芝麻等。每日应另增加抗坏血酸150mg,对保护口腔黏膜和防治汞毒性口腔病变有一定效果。B族维生素也要相应的增加供给量,以促进神经系统功能的恢复,硫胺素每日增加4mg。膳食烹调方面,应使食物易于咀嚼和易于消化吸收,感官性状要良好,以便引起食欲。



思考题与习题

1. 高温环境对人体生理有哪些影响?
2. 低温环境对人体生理有哪些影响?
3. 缺氧环境条件下人群膳食营养平衡的原则是什么?
4. 运动对人体生理有哪些影响? 怎样考虑运动员的合理营养?
5. 铅作业人群的营养要注意哪些问题?
6. 苯作业人群的营养要注意哪些问题?



第十章 社区营养

学习目的与要求

1. 了解营养监测的概念与作用。
2. 掌握营养调查的基本方法。
3. 掌握 DRIs 的内涵与应用特点;了解合理的膳食结构,能联系实际应用膳食指南。
4. 了解食谱编制的目的和原则,并能联系特定人群编制食谱。
5. 了解改善社会营养的宏观措施与对改善民众健康的关系重要性。

社区营养(community nutrition)是以营养学中基础研究如何适应现实生活来解决限定区域人群营养问题的理论、实践和方法。从宏观上研究人类社会中某一限定区域内各种人群的合理营养与膳食。限定区域的各种人群是指有共同的政治、经济、文化和其他社会特征的人群的总称,如某一国家、省、市、县、乡、街、居民小区等。它所研究问题的要点是既对限定区域内各种人群的整体性和综合性进行研究,同时又从宏观、实践和社会性角度研究解决问题。

社区营养的目的是运用现有科学理论、科学技术和各种社会条件使限定区域内各类人群营养合理化,提高其营养水平与健康水平,改善其体力和智力素质。其研究的主要内容包括限定区域内各类人群的营养素参考摄人量(DRIs)、营养状况评价、人群膳食结构、食物经济、饮食文化、营养教育、法制与行政干预等对居民营养状况的作用及影响。从社会人群总体生活出发,结合营养科学、社会条件和社会因素综合研究解决居民营养问题。

第一节 营养监测

一、概述

营养监测(nutritional surveillance)是对影响居民营养状况的因素和条件搜集和分析,预测其动态变化,并及时采取补充措施的决定。它运用科学手段,了解某一特定人群或个体的膳食摄入和营养水平,分析在某一时间断面时居民的营养状况及其变化规律,并最终根据监测的资料纠正存在的问题,为更好改善居民营养状况提供实际的和理论依据。

随着营养科学的发展和一些国家采取的营养政策不断取得成就,越来越多的营养学家和相关政策制定者认识到,不能使营养学的社会实践停留在说明人群的营养状况上,必须分析社会人群营养制约因素和营养问题形成的条件,包括社会因素和环境因素,并制定改善营养的政策,连续进行观察。

营养监测的特点有:①它以生活在社会中的人群,特别是需要重点保护人群为对象,分析社会因素和探讨能采取的社会性措施而扩展视野;②将营养状况信息与营养政策相关联,在分

析营养状况与相应的影响因素之后直接研究、制订、修订和执行营养政策，主要任务是研究营养政策；③它是以一个国家或一个地区全局作为研究对象，以有限的人力、物力，分析掌握全局常年动态，因而它的工作内容服从于完成宏观分析的需要；④它比传统的营养调查多了一个重要方面，即与营养有关的社会经济和农业资料分析方面的分析指标；⑤在材料取得方面，为保证广度，提倡尽可能搜集现有资料。

二、制定保健和发展计划的营养监测

营养监测的主要内容之一是制定保健发展计划的营养监测，即对社会人群营养状况及其制约因素，如自然条件、经济条件、文化科技条件等进行动态观察、分析和预测，从而制订社会人群营养保健和发展的各项政策和规划，从宏观上提出涉及人群合理营养的计划，并在实践中予以调整或修改。

我国尚未系统地开展社会营养监测工作。中国食物营养监测系统于1988年开始至今，经历了试点、建立和发展的三个阶段。每次的监测结果及时提供给有关政府部门和相关机构，研究结果已经成为国家有关部门制定儿童发展计划及制定营养政策和食物发展纲要的重要依据。

三、计划管理和评价的营养监测

对已有营养规划效果和评价性营养监测效果的评价，是营养监测的另一项重要工作。目的是对规划落实过程以及落实结果的监测，对原有(或现行)的营养计划进行评价，监测人群营养指标的变化，从而为新的营养发展计划提出重要的参考依据。

四、及时报警和干预

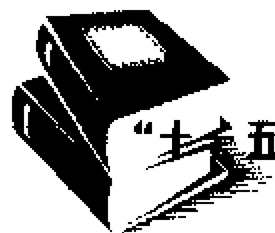
建立一套完善的监测报警机制，是营养监测的重要内容之一。世界各国相继制定了适合本国国情的营养监测网络。通过对监测地区社会经济状况和保健状况等方面资料的分析与评估，及时发现人群营养问题，尤其是儿童的营养不良或营养过剩，并采取相应的干预规划和措施，为提高全民健康素质服务。

第二节 营养调查

营养调查(nutritional survey)是运用科学手段来了解某一人群或个体的膳食摄入和营养水平，以此分析和判断其膳食结构是否合理和营养状况是否良好的重要手段。现在各国多使用的营养调查方案是20世纪50年代初由美国国防营养国际委员会提出的。我国曾在1959年、1982年、1992年和2002作过四次全国性营养调查。

营养调查的目的是了解居民膳食摄取及其与营养素供给量之间的对比情况，了解与营养状况有密切关系的居民体质与健康状态，发现营养不平衡的人群；为进一步营养监测或原因探讨提供依据，为某些与营养有关的综合性或专题性科学研究提供基础资料；并为国家制定政策和社会发展规划提供科学依据等。

营养调查工作的内容包括：膳食调查；人体体格检查；人体营养水平的生化检验；营养不良的临床检查等。在此基础上对被调查者进行营养状况的综合判定和对人群营养条件、问题、改



进措施进行分析研究。

营养调查的组织一般包括:对调查范围内的全体居民,按居民地址、职业、性别、年龄、经济生活水平、就餐方式等进行抽样调查;调查年份至少要在夏秋和冬春进行两次以上调查,每次膳食调查应为3~5天,其中不应包括节假日,周末可自行决定。调查工作的质量取决于工作计划的科学性、可行性和严密性及取得调查对象的合作程度,此外还取决于工作人员的工作态度和专业理论技术水平。

一、膳食调查

膳食调查的目的是通过各种不同的方法对调查对象在一定时间内膳食摄入量进行评估,从而了解人群膳食摄入状况及膳食结构、饮食习惯,借此来评定营养素需要得到满足的程度。膳食调查是营养调查中的一个基本组成部分,它本身又是相对独立的内容。膳食调查结果可以成为对所调查的单位或人群改善营养和进行咨询、指导的主要工作依据,同时也是国家政府机构制定政策的依据。膳食调查通常采用下列几种方法。

(一)称量法

称量法(或称重法)是运用日常的各种测量工具对某一伙食单位或个人1日3餐中每餐各种食物的食用量进行称重,计算出每人每天各种营养素的平均摄入量,调查时间为3~7d。具体方法分为称重与计算2步。

(1)称量:准确记录和逐日、逐餐对所食的各种主、副食品称重。①食物总量:即未在淘洗前,面粉发面或压面粉前,蔬菜、鱼类、肉类等未经清洗去除不可食部分前的重量。②可食重量:米、面粉等主食用食物总量,因无不可食部分,其他应去除不可食部分后的重量。③熟食重量:指各种食物烹调后的重量。④剩余重量:指各种主、副食品的剩余重量,包括厨房剩余量和个人分食剩余量。⑤残渣重:指食后的残渣,如鸡蛋、鱼刺等不可食部分。上述称量结果以kg为单位分别记录。

称量注意事项:主副食品先称后做;按《食物成分表》中的分类名称正确登记各种食物名称;如"标准粉"、"富强粉"等,不可笼统写成"面粉";各种调味品烹调前后各称1次,差额为食用量;记录进餐人数,男女分别登记。

(2)计算:①净食重是指实际摄取的"可食重",计算公式为:可食重×[熟食重-(熟食余重+残渣重)]/熟食重。②平均每人净食重为:净食重/(0.83×女性人数+男性人数)。③平均每人每天净食重:同种食物平均每人净食重之和/调查天数。④平均每人每天各种营养素摄取量:依据平均每人每天净食重,查《食物成分表》,分别求出各类营养摄取量。

称量法的优点是能准确反映被调查对象的食物摄取情况,1日3餐食物分配情况,适用于团体、个人和家庭的膳食调查。缺点是花费人力和时间较多,不适合大规模的营养调查。

(二)记账法

对建有伙食账目的机关、学校或部队等单位的各种集体食堂,可查阅过去一定期间食堂的食品消耗总量,并根据同一时期的进餐人数,粗略计算每人每日各种食品的摄取量,再按照《食物成分表》计算这些食物所供给的能量和营养素数量。记账法简便、快速,可以调查较长时间,但缺点是不够精确。

此方法的基础是膳食账目,账目完善与否关系到结果的真实性。为了保证调查数目的可靠性,对食堂账目要求如下:食物的消费量需逐日分类准确记录,写出准确、具体的食物名称,如猪肉、青鱼、黄瓜等;对进餐人数按年龄、性别等分别登记并统计;自制的食物要分别登记原料、品种及食用数量。

(三)询问法

在客观条件限制下不能进行称重法或记账法时,可通过问答方式来回顾性地了解调查对象的膳食营养状况,经过询问调查单位或个人,了解24h或较长时间内膳食组成情况,据此进行评价。这种方法的结果不够精确。

(四)化学分析法

收集调查对象1日膳食要摄人的所有主副食品,通过实验室分析,测定其能量和营养素的数量与质量。此法要求高,分析过程复杂,除非特殊需要,一般不采用。

二、体格检查

人体体格检查资料可以作为营养状况的综合观察指标。普遍采用间接方法测定机体组成,用以定量观察机体营养状况。

(一)身高与体重

身高与体重是人体测量资料中最基础的数据,可以较确切地反映人体营养状况。身高可以反映较长时期的营养状况;而体重可以反映一定时间内营养状况的变化。

身高常用直接测量法:测定时,被测量者赤足,足底与地板平行,足跟靠紧,足尖外展60度,背伸直,上臂自然下垂。测量者于被测者右侧,使测量用滑板底与颅顶点接触,读数记录,以cm为记录,读数精确至小数点后1位(0.1cm)。3岁以下儿童则用卧式量板(或量床)测身长。

体重测定仪器常用杠杆秤。测试时,杠杆秤应放在平坦地面上,调整零点至刻度尺呈水平位。被测者身着单衣裤立于体重计中心,读数,读数以kg为单位,精确到小数点后一位(0.1kg)。

1.理想体重

理想体重或称标准体重,应用于成年人。常用计算公式如下:

理想体重(kg)=身高(cm)-100　　(Broca公式)

理想体重(kg)=身高(cm)-105　　(Broca改良公式)

理想体重(kg)=[身高(cm)-100]×0.9　(平田公式)

常用理想体重来衡量实际测量的体重是否在适宜范围,实际体重在理想体重±10%为正常范围;±10%~±20%为超重或瘦弱;±20%以上为肥胖或极瘦弱。

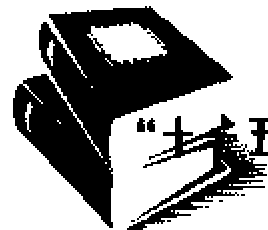
2.体质指数(BMI)

$$BMI=体重(kg)/[身高(m)]^2$$

我国BMI正常值为18.5~23.9。BMI<16为重度消瘦,16~16.9为中度消瘦,17~18.4为轻度消瘦,24~27.9为超重,≥28为肥胖。

3.身高比体重(weight for height)

WHO主张用身高别体重评价儿童营养状况。如果达不到相同身高儿童应有的标准,



表示为消瘦。这一指标主要反映当前营养状况,对区别急性营养不良和慢性营养不良有意义。

(二)上臂围与皮褶厚度

1. 上臂围

测量时左臂自然下垂,用软皮尺先测上臂中点位置,然后测上臂中点周长。我国男性上臂围平均为27.5cm,女性上臂围为25.6cm。测量值>标准值90%为营养正常,90%~80%为轻度营养不良,80%~60%为中度营养不良,<60%严重营养不良。

2. 皮褶厚度

主要表示皮下脂肪厚度,WHO推荐选用肩胛下,三头肌和脐旁三个测量点,是衡量个体营养状况和肥胖程度较好的指标。瘦、中等和肥胖的界限,男性分别为<10mm,10~40mm和>40mm;女性分别为<20mm,20~50mm和>50mm。

(三)体脂含量(BF)

BF是研究肥胖时评价体脂常用的指标。体脂含量可以应用皮褶厚度测量、生物电阻抗法及密度法等方法测定。以水下称重法为例:

$$BF(\%) = (4.570/D - 4.142) \times 100 \qquad \text{(Brozek 公式)}$$

$$D = M/(V_t - RV)$$

式中 D——人体密度;

M——体重;

V_t——人体总容积(吐气的排水量);

RV——肺残气容积(人体在齐颈水面下测得)。

D值可参考表10—1数值。

按体脂含量判定肥胖的标准:Ⅰ轻度肥胖:男性$BF\%$>20%~25%,女性$BF\%$>25%~30%;Ⅱ中度肥胖:男>25%~30%,女>30%~35%;Ⅲ度重度肥胖:男>30%,女>35%。

表10—1 身体密度(D值)参考值

	17(女16)~19岁	20~29岁	30~39岁	40~49岁	50岁以上
男	1.066±0.016	1.064±0.016	1.046±0.012	1.043±0.015	1.036±0.018
女	1.040±0.017	1.034±0.021	1.025±0.020	1.020±0.016	1.013±0.010

(四)其他体格检查指标

深入调查时还可选用胸围、头围、骨盆径、小腿围、坐高、背高、肩峰距和腕骨X线等。比较评价时均应选定相应标准值。

(五)体格检查资料的各种评价指数

利用各种体格检查数值,按一定公式计算来评价生长发育及体格发育状况。其评价标准应根据不同地区、民族、性别、年龄等分别选择。

1. Kaup 指数

$$\text{Kaup 指数} = [\text{体重(kg)}/\text{身高(cm)}^2] \times 10^4$$

用于衡量婴幼儿的体格营养状况。判断标准：正常 Kaup 指数为 15 ~ 18，>18 为肥胖，<15为消瘦。

2. Rohrer 指数

$$\text{Rohrer 指数} = [\text{体重(kg)}/\text{身高(cm)}^3] \times 10^7$$

用于评价学龄期儿童和青少年的体格发育状况。判断标准：Rohrer 指数 >156 为过度肥胖，156 ~ 140 为肥胖，140 ~ 109 为中等，109 ~ 92 为瘦弱，<92 为过度瘦弱。

3. Vervaeck 指数

$$\text{Vervaeck 指数} = \{[\text{体重(kg)} + \text{胸围(cm)}]/\text{身高(cm)}\} \times 100$$

用于衡量青少年的体格发育情况。判断标准见表 10—2。

表 10—2 Vervaeck 指数营养评价标准

营养状况	男性	17 岁	18 岁	19 岁	20 岁	21 岁以上
	女性		17 岁	18 岁	19 岁	20 岁以上
优 >		85.5	87.5	89.0	89.5	90.0
良 >		80.5	82.5	84.0	84.5	85.0
中 >		75.5	77.5	79.0	77.0	80.0
不良 >		70.5	72.5	74.0	74.0	75.0
极不良 <		70.5	72.5	74.0	74.0	75.0

三、生化检验

借助生化、生理实验等手段可以对人体营养水平进行鉴定，发现人体营养不足症、营养水平低下或过营养状况，以便及早掌握营养失调征兆和变化动态，及时采取必要的预防措施。应用生化检验、生理实验对人体营养水平进行检测是对膳食调查或体格检查的必要补充，可以更全面地反映人体营养状况。我国常用的人体营养水平诊断参考指标及数值如表 10—3，由于这些数值常受民族、体质、环境因素等多因素的影响，因而是相对的。

表 10—3 人体营养水平鉴定生化检验参考指标及临界值

营养物质	指标
蛋白质	1. 血清总蛋白 >60g/L 2. 血清白蛋白 >36g/L 3. 血清球蛋白 >13g/L 4. 白/球(A/G)1.5 ~ 2.5:1 5. 空腹血中氨基酸总量/必需氨基酸量 >2 6. 血液比重 >1.015 7. 尿羟脯氨酸系数(mmol/L 尿肌酐系数) >2.0 ~ 2.5 8. 游离氨基酸 40 ~ 60mg/L(血浆)，65 ~ 90mg/L(RBC) 9. 每天必然损失氮(ONL)男 58mg/kg，女 55mg/kg



续表

营养物质	指　标
血　脂	1. 总脂 4.5～7.0g/L 2. 甘油三酯 0.2～1.1g/L 3. α－脂蛋白 30%～40% 4. β－脂蛋白 60%～70% 5. 胆固醇 1.1～2.0g/L(其中胆固醇酯 70%～75%) 6. 游离脂肪酸 0.2～0.6mmol/L 7. 血酮 <20mg/L
钙、磷、维生素 D	1. 血清钙 90～110mg/L(其中游离钙 45～55mg/L) 2. 血清无机磷 儿童 40～60mg/L，成人 30～50mg/L 3. 血清 Ca×P>30～40 4. 血清碱性磷酸酶活性：成人 1.5～4.0 菩氏单位，儿童 5～15 菩氏单位 5. 血浆 25－(OH)－D_3，10～30μg/L；1，25－(OH)$_2$－D_3 30～60ng/L
铁	1. 全血血红蛋白浓度(g/L)：成人男>130，成人女>120，儿童>120，6 岁以下小儿及孕妇>110 2. 血清运铁蛋白饱和度：成人>16%，儿童>7%～10% 3. 血清铁蛋白>10～12mg/L 4. 血液红细胞压积(HCT 或 PCV)男 40%～50%，女 37%～48% 5. 红细胞游离原卟啉<70mg/L RBC 6. 血清铁 500～1840μg/L 7. 平均红细胞体积(MCV)80～90μm^3 8. 平均红细胞血红蛋白量(MCH)26～32μg 9. 平均红细胞血红蛋白浓度(MCHC)32%～36%
锌	1. 发锌　125～250μg/g(各地暂用：临界缺乏<110μg/g，绝对缺乏<70μg/g) 2. 血浆锌　800～1100μg/L 3. 红细胞锌　12～14mg/L 4. 血清碱性磷酸酶活性　成人 1.5～4.0，儿童 5～15 菩氏单位
维生素 A	1. 血清视黄醇 儿童>300μg/L，成人 400μg/L 2. 血清胡萝卜素>800μg/L

水溶性维生素	24h 尿	4h 负荷尿(5mg 负荷)	任意 1 次尿/g 肌酐	血
维生素 B_1	>100μg	>80μg	>66μg	RBC 转羟乙醛酶活力 TPP 效应<16%
维生素 B_2	>120μg	>800μg	>80μg	>140μg/L RBC
烟酸	>1.5mg	>2.5mg(5mg 负荷)	>1.6mg	>3mg/L 血浆
维生素 C	>10mg	>3mg(500mg 口服)	>10mg	>3μg/L 血浆
叶酸				>0.16μg/mL RBC

续表

营养物质	指　标
其　他	尿糖(－)；尿蛋白(－)；尿肌酐 0.7～1.5g/24h 尿； 尿肌酐系数 男 23mg/kg 体重，女 17mg/kg 体重； 全血丙酮酸 4.0～12.3mg/L

第三节　膳食营养素参考摄入量(DRIs)的制订与应用

为了保持健康及各种生活的需要，人类必须每天从饮食中获取各种各样的营养素，人体对某种营养素的需要是随年龄、性别和生理状况而变化的，故必须科学地安排每天饮食以提供数量和质量适宜的营养素。

膳食营养素参考摄入量(dietary reference intakes，DRIs)是在推荐的每日膳食营养摄入量(RDA)基础上发展起来的一组每日平均膳食营养素摄入量的参考值。RDA 是由各国行政当局或营养权威学术团体根据营养科学的发展，结合各自具体情况提出的对社会各人群一日膳食中应含有的能量和各种营养素种类、数量的建议，其目的是为了指导预防营养缺乏病。但随着经济发展，膳食模式改变，这显然已不能适应当前消费者为了预防慢性病和延缓衰老等对营养素摄入标准提出的新的要求。目前，欧美等一些发达国家提出了以针对预防慢性病为目标的有关营养素摄入标准的新概念和新内容，中国营养学会于 2000 年 10 月制订并出版适用于我国各类人群的饮食营养素参考摄入量(DRIs)。详细内容见附表。

一、膳食营养素参考摄入量的制订依据与方法

(一)资料来源和评价

制定膳食营养素参考摄入量的依据可能涉及动物实验研究资料，人体代谢研究资料，人群观测研究资料和随机性临床研究资料等。这些不同来源的资料在使用时要充分考虑其优缺点和可用度。

1. 动物实验研究

用动物模型进行营养素需要量研究的特点是能很好地控制营养素摄入水平、环境条件，甚至遗传特性等因素，获得准确的数据。动物实验研究的缺点是动物和人体对营养素需要的相关性可能不清楚，即由动物实验所获得的数据如何有效地应用到人体上来。

2. 人体代谢资料

人体代谢试验的资料受到特别重视。代谢研究可以严格掌握受试者营养素的摄入量和排出量，并能重复取血样等来测定营养素摄入量和有关生物标志物间的关系。研究者通常用"营养素平衡实验"来探讨该营养素的适宜营养状况，用耗竭—饱和实验测定受试对象在营养素缺乏或边缘缺乏时的表现，并通过补充已知剂量的营养素纠正缺乏症的效果等。

代谢试验资料能够充分说明人体在相关试验条件下的各种变化，但也有一定的缺陷及局限性。具体表现在：这些试验的期限只能从数日至数周，很难确定长时期的代谢状态；其次是



受试者由于其生活受到明显限制,所得结果不一定能代表实际生活状况;且代谢试验消耗费用较大,受试者数目有限,因而对结论的推测也受限制。

3. 人群观测研究

用流行病学方法对特定人群进行观测,可以比较直接地反映自由生活人群的实际情况,可有力地证明营养素摄入量和疾病风险的相关性。但其因缺少对条件的控制难以说明因果关系。

4. 随机性临床研究

随机性临床研究是将受试对象随机分至不同摄入水平组进行临床试验。这种方法可以限制在人群观测研究中遇到的混杂因素的影响,如果例数足够,既可以控制已知混杂因素,又可以控制未知可能有关的因素,因而能较为敏感地发现人群观测研究中不能发现的影响。此类研究的缺陷是接受试验的对象可能是一个选择性亚人群组,结果不一定适用于通常人群。若观察期相对较短,营养素研究不全,可能影响长期膳食与多种营养素综合摄入的结果。

总之,每一种研究资料都有其优势和缺陷,在探讨暴露因素与疾病的因果关系时要综合考虑各种证据,并对资料的质量及形成基础进行全面的分析与评估。

(二)制定营养素需要量和 DRIs 的方法

营养素需要量(nutritional requirement)是制定膳食营养素参考摄入量的基础。个体对某种营养素的需要量是机体为维持"适宜营养状况"并维持良好健康状态,在一定时间内平均每天必须获得的该营养素的最低量。由于需要量受年龄、性别、生理特点、劳动状况等多种因素的影响,所以不可能提出一个适用于人群中所有个体的需要量,只能用人体内个体需要量的概率曲线来表达其个体需要量的分布状态。如果资料充足,应尽可能以"平均需要量 ± 标准差"来表示。WHO 联合专家委员会提出三个不同水平的需要量:基本需要量,达到这种需要量时机体能够正常生长繁育,但机体组织内很少或没有此种营养素储备,如果短期内膳食供给不足就可能造成缺乏;储备需要量,能维持组织中储存一定水平该营养素的需要量;预防明显临床缺乏症的需要量,这是一个比基本需要量更低水平的需要量。

膳食营养素参考摄入量(DRIs)包括四个营养水平指标:平均需求量(EAR),推荐摄入量(RNI),适宜摄入量(AI)和可耐受的高限摄入量(UL)。

1. 平均需求量

平均需求量(estimated average requirement, EAR)是人群中各个体需要量的平均值。营养素摄入量达到 EAR 的水平时可以满足人群中 50% 个体的营养需要,但不能满足另外 50% 个体的需要。对成年人而言,EAR 是维持有关生理功能所需的营养素量,也是计划和制定推荐摄入量的基础。

2. 推荐摄入量

推荐摄入量(recommended nutrient intake, RNI)相当于传统的 RDA,是指可以满足某一群体中绝大多数个体(97% ~98%)的需要量的摄入水平。长期摄入达到 RNI 水平,可以满足机体对该营养素的需要,保持健康和维持组织中有适当的储备。RNI 是个体适宜营养素摄入水平的参考值,是健康个体膳食摄入营养素的目标,不是评价群体膳食质量的标准,也不能成为群体膳食计划的根据。

RNI 是以 EAR 为基础制订的。如果已知 EAR 的标准差(SD),则 RNI = EAR ± 2SD;如果资料不够充分,不能计算 SD 时,一般设 EAR 的变异系数为 10%,这样 RNI = 1.2EAR。

3. 适宜摄入量

适宜摄入量(adequate intake,AI)是指通过观察或实验获得的健康人群某种营养素的摄入量。例如,纯母乳喂养的足月产健康婴儿,从出生到4~6个月,他们的营养素全部来自母乳。母乳中供给的营养素含量,就是他们的AI值。

在个体需要量的研究资料不足,没有办法计算出EAR,不能求出RNI时,可设定AI来代替RNI。制定AI时,不仅考虑到预防营养缺乏的需要,而且也纳入了减少某些疾病风险的概念。AI与RNI相似之处是二者都能满足目标人群中几乎所有个体的需要。AI和RNI的区别在于AI的准确性远不如RNI,可能高于RNI。

4. 可耐受高限摄入量

可耐受高限摄入量(tolerable upper intake level,UL)是平均每日摄入营养素的最高限量。摄入这一量时,对人群中几乎所有个体都不至于造成健康的损害。当摄入量超过UL并进一步增加时,损害健康的危险性随之增大。UL是日常摄入量的高限,并不是一个建议的摄入水平。

UL是根据人体在不同暴露情况下发生变化的特征或危害的评估来制订的。如果资料允许,UL要根据无毒副反应水平(NOAEL),即在人体研究中未发现不良作用的最高摄入量来制订。如无适宜资料来认定无毒副反应水平,则可根据最低毒副反应水平(LOAEL),即在人体研究中观察到毒副反应的最低摄入量来制订。对于许多营养素而言,还没有足够的资料来制定其UL,但未制订UL并不意味过多的营养素摄入没有潜在的危害。

二、膳食营养素参考摄入量的应用

DRIs的应用包括评价膳食和计划膳食两个方面,同时对确定食品援助计划,制定营养教育计划及指导食品加工、营养标签等都有一定的意义。在膳食评价工作中,用它作为一个尺度,来衡量人们实际摄入的营养量是否适宜;在计划膳食工作中,用它作为营养状况适宜的目标,建议如何合理摄取食物来满足健康的需要。

1. 平均需要量(EAR)的应用

EAR是一个特定人群的平均需要量,主要用于计划和评价群体的膳食。根据某一年龄、性别组中摄入量低于EAR个体的百分率来评估群体中摄入不足的发生比例,评价其营养素摄入是否适宜。EAR也可以作为计划或制订人群推荐摄入量的基础。

2. 推荐摄入量(RNI)的应用

RNI是个体适宜营养素摄入水平的参考值,是健康个体饮食摄入营养素的目标。RNI评价个体营养素摄入量用处有限。如某个体摄入量低于RNI,可以认为其有摄入不足的危险,但并不一定表明该个体未达到适宜营养状态;如某个体平均摄入量达到或超过RNI,可以认为该个体没有摄入不足的危险,但仅凭这一指标是不能作为评价个体营养状况的根据;还应配合生化检验或临床检查等来评价其营养状况。

3. 适宜摄入量(AI)的应用

AI是根据某个人群或亚人群能够维持一定营养状态平均营养素摄入量,是通过观察或实验得到的群体数据。由于AI与真正平均需要量间关系不能肯定,只能为营养素摄入量评价提供不太精确的参考值。AI可用于个体或群体营养素摄入目标。

4. 可耐受高限摄入量(UL)的应用

UL主要用于检查个体摄入量过高的可能,避免发生中毒。当摄入量低于UL时,可以肯定



不会产生毒副作用;当摄入量超过 UL 时,发生毒副作用的危险性增加,但不能以 UL 来评估人群发生毒副作用的危险性,因为 UL 对健康人群中最敏感的成员也不应造成危害。

第四节 膳食结构与膳食指南

一、膳食结构

膳食结构是指膳食中各类食物的数量及其在膳食中所占的比例。不同历史时期、不同国家或地区、不同社会阶层的人们,由于其经济发展水平、文化、知识水平及环境条件不同,膳食结构有很大的差异。对某一限定区域内人群膳食结构进行分析,从中可以观察到其膳食中各类食物所能提供的能量及各种营养素的数量和比例,该地区人群营养与健康、经济收入之间的关系以及其他因素的影响。通过适当的引导和干预,可以促使人群膳食结构向有利于健康方向发展,从而实现改善营养状态,达到增强体质、保护健康的目的。

(一)不同类型膳食的结构特点

膳食结构类型的划分有许多方法,但最重要的依据仍是动物性和植物性食物在膳食构成中的比例。根据膳食中动物性、植物性食物所占比例及蛋白质、脂肪、碳水化合物和能量的供给量的不同,可将当今世界不同地区的膳食结构划分为以下三种类型。

(1)以动物性食物为主的膳食结构,也称经济发达国家模式。年人均消耗粮食仅 50~70kg,而肉类多达 100kg,奶类 100~150kg,此外,还有大量的禽、蛋、蔬菜、水果等。每人每天平均能量摄取高达 13.81~14.64MJ(3300~3500kcal),属于高能量、高脂肪、高蛋白的营养过剩类型。这种膳食结构的后果是引起肥胖病、高血压、冠心病、糖尿病等高发。

(2)以植物性食物为主的膳食结构,俗称东方型膳食模式。年人均消耗粮食 200kg,动物性食物消费量低,年人均仅为 10~20kg;动物性蛋白质占蛋白总量的 10%~20%,低者不足 10%;膳食能量供给约 8.37~9.62MJ(2000~2300kcal),而来自植物性食物的能量占总能量近 90%。此类膳食能量基本可以满足需要,但蛋白质、脂肪摄入均较低。结果是容易出现蛋白质、能量营养不良,导致体质低下,健康状况不良,劳动能力降低等。

(3)动植物食物平衡的膳食结构。该类型以日本为代表,其膳食中动物性食物与植物性食物比例适当。年人均粮食消耗 110kg,动物性食品消费量为年人均 135kg,动物性蛋白占总蛋白的 42.8%,每天能量摄入保持在 8.37MJ(2000kcal)左右。这种膳食既保留了东方膳食的特点,又吸取了西方膳食的长处,有利于避免营养缺乏病和营养过剩性疾病,膳食结构基本合理。

(二)中国居民传统膳食结构特点

中国居民的传统膳食是以植物性食物为主,植物性食物如谷类、薯类、蔬菜的摄入量较高;动物性食物如肉类、奶、鱼类摄入量偏低;豆制品总量不高并依地区而不同。此种膳食的特点是:

1. 高碳水化合物

我国南方居民多以大米为主,北方居民以小麦为主,谷类食物供给占总供给的 70% 以上。

2. 高膳食纤维

植物性食物中膳食纤维含量丰富，因此我国居民膳食纤维的摄入量很高。

3. 低动物脂肪

由于动物性食物摄入量少，动物蛋白和脂肪摄入量偏低，动物脂肪供能比例一般在10%以下。

(三)中国居民膳食结构现状及变化趋势

随着国家经济建设的发展以及居民经济收入的提高，中国居民的膳食结构逐步向"富裕型"转变。1992年全国营养调查结果表明，我国人均能量摄入量为9.74MJ(2328kcal)，蛋白质68g，脂肪58g，已基本能够满足人体营养需要。2002年第四次全国营养调查资料表明，我国城乡居民人均能量摄入量为9.41MJ(2250kcal)，蛋白质66g，脂肪76g。与1992年相比，农民膳食结构趋向合理，优质蛋白质占蛋白质总量的比例从17%增加到31%，脂肪供能比由19%增加到28%，碳水化合物供能比由70%下降到61%(详见表10—4)。

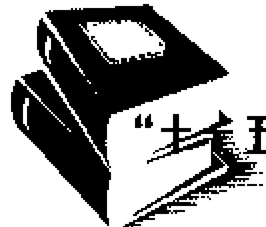
表10—4　1992年、2002年全国城乡居民平均营养素的摄入量(每标准人日)

	城乡合计		城　市		农　村	
	1992年	2002年	1992年	2002年	1992年	2002年
能量/MJ	9.74	9.42	10.02	8.93	9.60	9.60
蛋白质/g	68.0	65.9	75.1	69.0	64.3	64.6
脂肪/g	58.3	76.2	77.7	85.5	48.3	72.7
膳食纤维/g	13.3	12.0	11.6	11.1	14.1	12.4
视黄醇/μg	156.5	151.1	277.0	223.6	94.2	123.1
视黄醇当量/μg	476.0	469.2	605.5	547.2	409.0	439.1
维生素 B_1/mg	1.2	1.0	1.1	1.0	1.2	1.0
维生素 B_2/mg	0.8	0.8	0.9	0.9	0.7	0.7
维生素 C/mg	100.2	88.4	95.6	82.2	102.6	90.8
钙/mg	405.4	388.8	457.9	438.6	378.2	369.6
铁/mg	23.4	23.2	25.5	23.7	22.4	23.1
磷/mg	1057.8	978.8	1077.4	973.2	1047.6	981.0

注：标准人，成年男子，体重60kg，从事轻体力劳动。

由于经济发展不平衡及对营养认识的缺乏，我国居民的营养还存在很多的问题。城市居民膳食结构中，畜肉类及油脂消费过多，谷类食物消费偏低；奶类、豆类制品摄入较低是全国普遍存在的问题；铁、维生素A等微量营养素普遍缺乏；儿童营养不良在农村地区仍较严重等。

目前我国城乡食物消费逐步由温饱型向小康型过渡，应保持以植物性食物为主的饮食结构，同时增加奶类、大豆及其制品、蔬菜和水果的消费。在贫困地区还应增加动物性食品的消费量，提高膳食蛋白的数量和质量。并通过广泛的营养教育和指导使全民膳食结构更趋合理。



二、膳食指南

膳食指南(dietary guideline,DG)是根据营养学原则,结合国情,教育人民群众采用平衡膳食,以摄取合理营养促进健康的指导性意见。膳食指南是以科学研究的成果为依据,针对国民的营养需要及饮食中存在的问题而制订的,具有普遍指导意义。它是由早期的食物目标,历经膳食供给量、膳食阶段目标演变而来的。它每隔几年,根据人群营养的新问题、新趋势修订一次。在一个国家,膳食指南可以有几个。我国目前有《中国居民膳食指南》和《特定人群膳食指南》,目的是指导人民平衡膳食,获取合理营养促进身体健康。为了帮助人们在日常生活中更好地实现指南,专家委员会进一步提出了食物定量指导方案,并以宝塔图形表示,直观地告诉居民食物分类的概念及每天各类食物的合理摄入范围,即每日应吃食物的种类和数量,对合理调配平衡膳食进行具体指导。

(一)中国居民膳食指南

我国的第一个膳食指南是中国营养学会于1989年制订的,其内容有:食物要多样;饥饱要适当;油脂要适量;粗细要搭配;食盐要限量;甜食要少吃;饮食要节制;三餐要合理。使用10年,对指导和教育人民群众采用平衡膳食,增进健康起到了积极的作用。

根据全国营养调查和卫生统计资料发现:我国居民因食物单调或不足所造成的营养缺乏病如儿童生长迟缓、缺铁性贫血、佝偻病等虽在逐渐减少,但仍不可忽视;与此同时,与膳食结构不合理有关的慢性病如心血管疾病、脑血管疾病、恶性肿瘤等患病率明显上升;居民膳食中维生素A、维生素B_2和钙的摄人量普遍不足;部分居民膳食中谷类、薯类、蔬菜所占比例明显下降;油脂和动物性食品摄人过高、能量过剩、体重超常在城市成年人群中日渐突出;食品卫生问题受到关注并有待改善等。针对上述问题,1999年,中国营养学会修改并制订了新的《中国居民膳食指南》,包括以下8条内容:

1. 食物多样、谷类为主

各种各样的食物所含营养成分不尽相同,除母乳外,没有一种食物能够提供人体所需的全部营养素,每天饮食必须由多种食物适当搭配,才能满足人体各种营养需要。多种食物包括:①谷类及薯类,包括米、杂粮、马铃薯、甘薯、木薯等;②动物性食物:肉禽、鱼、奶、蛋等;③豆类及制品:大豆及其他干豆类及其加工产品;④蔬菜水果类:包括鲜豆、根茎、叶菜、茄果等。

谷类食物是我国传统膳食的主体,是人体能量的主要来源,提供碳水化合物、蛋白质、食物纤维及B族维生素等。以谷类为主的膳食结构,可以避免由于摄食过多动物性食物所致的一些慢性病,另外应注意粗细搭配。

2. 多吃蔬菜、水果和薯类

蔬菜、水果和薯类都含有较丰富的维生素、矿物质、食物纤维和其他生物活性物质。蔬菜种类繁多,不同品种所含营养成分不尽相同,红、黄、绿等深色蔬菜和一般水果是胡萝卜素、维生素B_2、叶酸、矿物质、膳食纤维和天然抗氧化物的重要来源。对保持心血管健康、增强抗病能力、预防某些肿瘤有重要的作用。

3. 常吃奶类、豆类或其制品

奶类含丰富的优质蛋白质、维生素和钙,其所含有的钙利用率很高,是天然钙质的良好来源。我国居民饮食中普遍缺钙,与饮食中奶制品摄人过少有关。研究结果表明:经常吃适量奶

类可提高儿童、青少年的骨密度，延缓中老年人骨质丢失的速度。因此应大力发展奶类的生产，促进奶类食物消费。豆类含丰富的优质蛋白质，不饱和脂肪酸、钙及B族维生素。经常吃豆类食物，既可改善饮食营养素的供给，又可防止肉类过多消费带来的不利影响。

4. 经常吃适量的鱼、禽、蛋、瘦肉，少吃肥肉和荤油

鱼、禽、蛋、瘦肉等动物性食物是优质蛋白质、脂溶性维生素和某些矿物的良好来源。调查结果表明：我国相当一部分城市和绝大多数农村人口动物性食物摄取量不够，应适当增加摄入量。但部分城市居民食用动物性食物过多，对健康也是不利的。

肥肉和荤油含有高脂肪和高能量，过多摄食往往引起肥胖，成为某些慢性病的高危因素，应少吃。应提倡食用高蛋白、低脂肪的动物性食物，特别是水产品。

5. 食量与体力活动要平衡，保持适宜体重

进食量与体力活动是影响体重的两大主要因素。食量过大而体力活动（运动）不足会导致肥胖，反之则引起消瘦。体重过高或过低都是不健康的表现，可造成抵抗力下降，易患某些疾病，如儿童的传染病或老年人的慢性病等。应保持进食量与能量消耗之间的平衡，使体重维持在适宜的范围内。

6. 吃清淡少盐的膳食

饮食不要太油腻、太咸，不要过多的动物性食物和油炸、烟熏食物。食盐要适量，世界卫生组织建议每人每日食盐用量以不超过6g为宜。吃清淡少盐的膳食有利于健康，应从小就培养清淡少盐的饮食习惯。

7. 如饮酒应限量

白酒除能量外，不含其他营养素。我国酒文化源远流长，在节假日、交际场合应控制饮酒。无节制地饮酒，会使食欲下降，食物摄入减少，以致发生多种营养素缺乏，严重时还会造成酒精性肝硬化。过量饮酒也会增加患高血压、脑卒中等疾病的危险。孕妇及儿童应忌酒。

8. 吃清洁卫生、不变质的食物

应当选择外观良好、无变色、变质、变味并符合其他卫生要求的食物，并注意进餐的卫生条件，包括进餐环境、餐具和供餐者的卫生及健康状况。

与原指南相比，新指南更强调奶类、豆类及其制品的摄取，以弥补我国居民膳食钙严重不足的缺陷；同时提倡居民注重食品卫生与饮食卫生，增强自我保护意识等。

（二）特定人群膳食指南

针对老年人、孕妇、乳母、婴幼儿、儿童、青少年等的特殊需要，中国营养学会同时还制定了《特定人群膳食指南》，对他们的特别要求进行补充，主要内容如下：

1. 婴儿

（1）鼓励母乳喂养；

（2）母乳喂养4个月后逐步添加辅助食品。

2. 幼儿与学龄前儿童

（1）每日饮奶；

（2）养成不挑食、不偏食的良好饮食习惯。

3. 学龄儿童

（1）保证吃好早餐；



(2)少吃零食,饮用清淡饮料,控制食糖摄入;

(3)重视户外活动。

4. 青少年

(1)多吃谷类,供给充足的能量;

(2)保证鱼、肉、蛋、奶、豆类和蔬菜的摄入;

(3)参加体力活动,避免盲目节食。

5. 孕妇

(1)自妊娠第四个月起,保证充足的能量;

(2)妊娠后期保持体重的正常增长;

(3)增加鱼、肉、蛋、奶、海产品的摄入

6. 乳母

(1)保证充足的能量;

(2)增加鱼、肉、蛋、奶、海产品的摄入。

7. 老年

(1)食物要粗细搭配,易于消化;

(2)积极参加适度体力活动,保证能量平衡。

(三)中国居民平衡膳食宝塔

中国居民平衡膳食宝塔如图10—1所示,它是根据居民膳食指南,结合中国居民的膳食结构特点而设计的,其以直观的宝塔形式,把平衡膳食的原则转化成各类食物的质量,直观而形象地告诉居民每天各类食物的合理摄入范围,便于理解和应用,是人们日常生活中实施膳食指南的方便工具。

平衡膳食宝塔提出了营养上比较理想的膳食模式,它所建议的食物量,特别是奶类和豆类食物的量可能与当前的实际饮食有一定距离,对某些贫困地区居民来讲可能距离还很大,但为了改善中国居民饮食营养状况,这是不可或缺的,应努力争取,逐步达到上述目标。

1. 平衡膳食宝塔说明

(1)平衡膳食宝塔共分五层,各层位置和面积各不相同,这在一定程度上反映出各类食物在膳食中的地位和应占比重。谷类食物位居底层,每人每天摄入300~500g;蔬菜和水果占据第二层,每天分别应吃400~500g和100~200g;鱼、禽、肉、蛋等动物性食物位于第三层,每天应分别摄入125~200g(鱼虾50g,畜、禽、肉50~100g,蛋类25~50g);奶类和豆类食物占据第四层,每天应摄入奶类及奶制品100g和豆类及豆制品50g;第五层塔尖是油脂类,每天不超过25g。

(2)宝塔没有建议食糖的摄入量。因为我国居民现在平均吃食糖的量还不多,少吃或适当吃些可能对健康的影响不大。但多吃糖有增加龋齿的危险,尤其是儿童、青少年不应吃太多的糖和含糖制品。食盐和饮酒在《中国居民膳食指南》中已有说明。

2. 各类食物的摄入量

宝塔建议的各类食物摄入量一般是指食物的生重。各类食物的组成是根据全国营养调查中居民膳食的实际情况计算的,所以每类食物的重量并不是某一具体食物的重量。

(1)谷类:谷类是面粉、大米、玉米粉、小麦、高粱等的总和,是饮食能量的主要来源,也是某

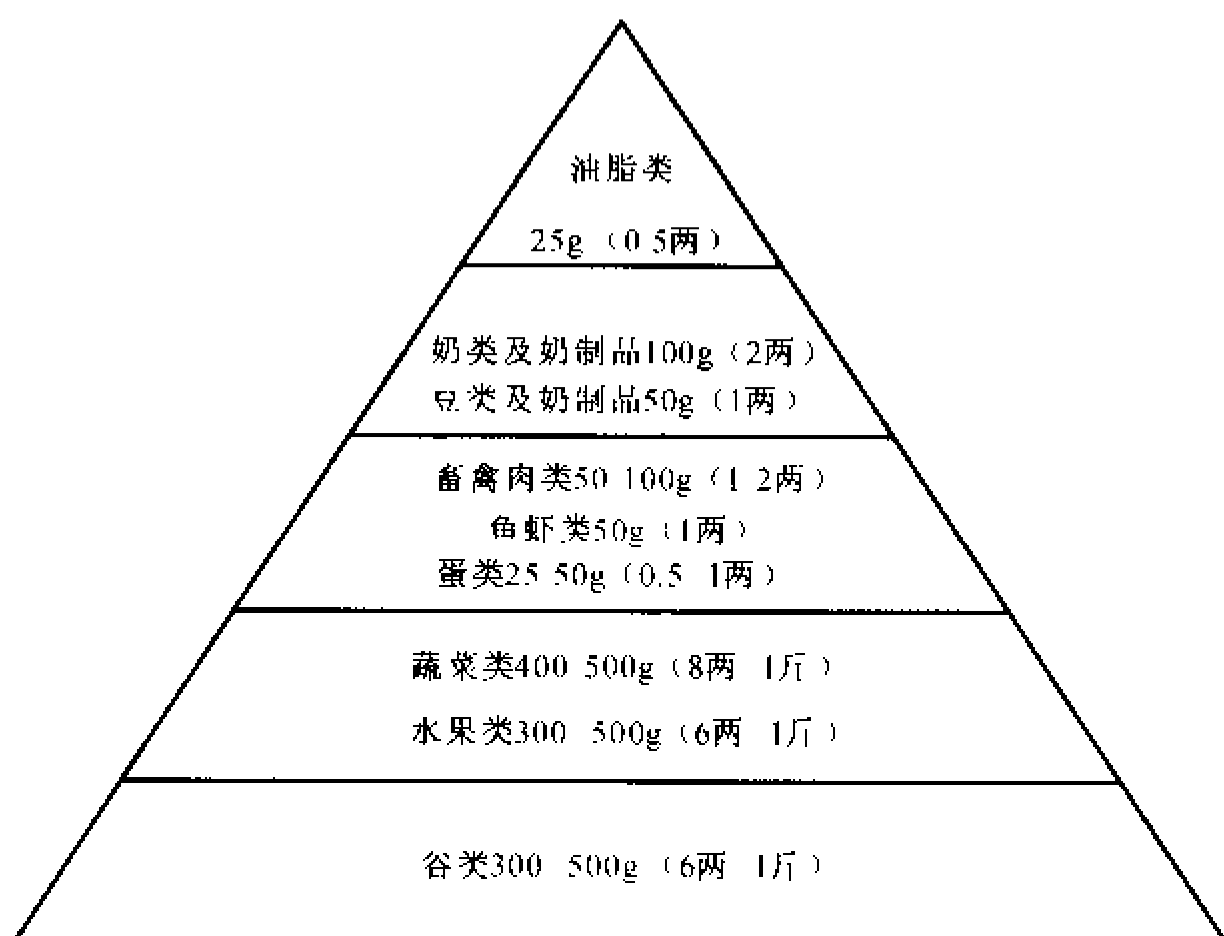


图 10—1　中国居民平衡膳食金字塔(宝塔)

些农村居民饮食中蛋白质的主要来源。多种谷类掺着吃比单一种吃好,特别是以玉米或高粱为主要食物中,应当更重视搭配其他的谷类或豆类食品。加工的谷类食品如面包、烙饼、切面等应折合成相当的面粉量来计算。

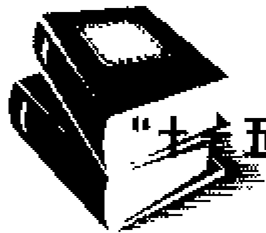
(2)蔬菜和水果:蔬菜和水果有许多共性,经常放在一起,但二者毕竟是两类食物,各有优势不能完全相互代替。尤其是儿童,不能只吃水果而不吃蔬菜。蔬菜、水果的重量按市售鲜重计算。通常应多选用红、黄、绿色等颜色较深的蔬菜和深色水果,因为其含营养素比较丰富。

(3)鱼肉蛋:鱼、肉、蛋归为一类,主要提供动物性蛋白质和一些重要的矿物质和维生素。但其彼此间也有明显区别。鱼、虾及其他水产品脂肪含量很低,有条件的可以多吃一些,这类食物的重量按购买时的鲜重计算。肉类包括畜肉、禽肉及内脏,由于其脂肪含量较高,尤其是猪肉,生活富裕时也不应过多摄食,其重量是按屠宰清洗后的重量来计算。蛋类含胆固醇相当高,一般每天不超过一个为好。

(4)奶类和豆类食物:奶类主要包含鲜牛奶和奶粉。宝塔建议的100g按蛋白质和钙的含量来折合约相当于鲜奶200g或奶粉28g。中国居民膳食中普遍缺钙,奶类是首选的补钙食物,很难用其他食物代替。有些人饮奶后有不同程度的肠道不适,可以试用酸奶或其他奶制品。豆类及其制品包括许多,宝塔建议的50g是个平均值,根据其提供的蛋白质折合为大豆40g或豆腐干80g等。

3. 应用平衡膳食宝塔应注意的问题

(1)确定自己的食物需要。宝塔建议的每人每天各类食物的适宜摄入量范围适用于一般健康成人,且其建议的各类食物摄入量是一个平均值和比例。日常生活应根据个人年龄、性别、身高、体重、劳动程度、季节等的不同适当调整,无需每天都按"宝塔"推荐量摄取食物,重要



的是根据自身需要来保证各层各类食物的量和大体比例能够满足要求。

(2)同类互换,调配丰富多彩的饮食。人们的饮食,既要保证均衡营养,也是为了使饮食丰富多彩满足口味享受。因此可以将营养与美味结合起来,按照同类互换、多种多样的原则调配一日三餐。同类互换就是以粮换粮、以豆换豆、以肉换肉。例如大米可与面粉或杂粮互换;大豆可与相当量的豆制品或杂豆类互换;瘦肉可与鸡、鸭、牛、羊、兔互换;鱼可与虾、蟹等水产品互换;牛奶可与羊奶、酸奶等互换。

(3)合理分配三餐食量。我国多数地区居民习惯每天吃三餐。合理分配三餐中食物量及间隔时间,同时将其与作息时间和劳动状况相匹配。一般早、晚餐各占30%,午餐占40%为宜,特殊情况可适当调整。

(4)因地制宜充分利用当地资源。我国地域辽阔,物产、饮食习惯各地不尽相同,可以因地制宜充分利用当地食物资源来有效地应用平衡膳食宝塔。如牧区奶类资源丰富,可适当提高奶类摄取量;渔区可适当提高鱼及其他水产品摄取量等。

(5)养成习惯,长期坚持。饮食对健康的影响是长期的结果。应用平衡膳食宝塔需要自动养成习惯,并长期坚持,才能充分体现其对健康的促进作用。

第五节 食谱编制

饮食既平常,又极为重要,它是人类社会发展的前提,也是人类生存的首要选择,故有"民以食为天"之说。随着社会的进步、经济的发展,人们对饮食提出越来越高的要求,即完善和合理的饮食可以保证人体正常的生理功能,促进健康的生长发育,提高机体的抵抗力和免疫力,有利于某些疾病的预防和治疗等。要实现上述目标,饮食必须能供给机体所需的全部营养素,并不发生缺乏或过量的情况。根据饮食文化、地域、经济发展水平和人群差异特点,合理选择食物的种类和数量;同时还必须考虑食物在加工、烹饪过程的影响并保证能够提高食物的消化率和减少营养素的损失等问题。

食谱编制就是要按人们身体的需要,根据食物中各种营养物质的含量,设计1天、1周或1个月的食谱,使人体摄入的蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素和矿物质等营养素数量充足并比例合理,满足平衡膳食的要求。

一、食谱编制的目的和原则

(一)食谱编制的目的

(1)为了能确实保证满足人体对能量和营养素的需要具体落实到用膳者的每日饮食中,使他们能按膳食营养素参考摄入量要求摄入足够的能量和营养素,同时防止营养素或能量的过高摄入。

(2)根据群体中各类人群对营养素的需要,结合当地食物的品种、生产季节、经济条件和烹调水平,选择各类食物,达到平衡膳食。

(3)通过食谱编制还可指导食堂管理人员或家庭有计划地管理膳食,并且有利于成本核算。

（二）食谱编制的原则

食谱编制是一项实践性很强的工作，要做到配餐食谱科学合理应遵循以下原则。

1. 保证膳食营养平衡

（1）按照中国居民膳食营养素参考摄入量（DRIs）及《中国居民膳食指南》的要求，膳食应满足人体需要的能量、蛋白质、脂肪以及各种矿物质和维生素。食物品种要多样，数量要充足，既要满足用餐者的需要，又要防止过量摄入。对于一些特殊人群，如儿童和青少年、孕妇和乳母，还要注意易缺营养素如钙、铁、锌的供给。

（2）各营养素之间的比例要适宜。膳食中能量来源和在各餐中的分配比例要合理。要保证膳食蛋白质中优质蛋白质占适宜比例。要以植物油作为油脂的主要来源，保证碳水化合物的摄入及所供能量比例。各矿物质之间也要配比适当。

（3）食物的搭配要合理。注意主食与副食、杂粮与精粮、荤与素等食物的平衡搭配；并应注意成酸性食物与成碱性食物的合理搭配。

（4）膳食制度安排合理。一般应该定时定量进餐，成人一日三餐，儿童三餐以外再加一次点心，老年人也可在三餐之外加点心。

2. 兼顾饮食习惯，满足饮食者口味

由于各地居民饮食习惯及对饭、菜口味要求的差异，因此，在食谱编制时，应考虑进餐者的饮食习惯，即使饮食多样化，又要注重烹调方法，做到饮食色、香、味美，质地宜人，形态优雅。

3. 考虑季节和市场供应情况

主要是熟悉市场供应原料品种，了解其营养特点。

4. 适应经济条件

食谱既要满足合理营养要求，还要满足进餐者有经济承受能力，使食谱具有实际意义。

二、食谱编制的步骤与实例

（一）计算法

1. 确定用餐者全日能量供给量

参照膳食营养素参考摄入量（DRIs）中能量的推荐摄入量（RNI），并根据用餐者的劳动强度、年龄、性别等确定总的能量供给量。例如办公室男性职员按轻体力劳动计，其能量供给量为10.03MJ(2400kcal)。集体就餐对象的能量供给量标准可以以就餐人群的基本情况或平均数值为依据，包括人员的平均年龄、平均体重以及80%以上就餐人员的活动强度。如就餐人员的80%以上为轻体力活动的男性，则每日所需能量供给量标准为10.03MJ(2400kcal)。

能量供给量标准提供了一个参考目标，在实际应用中还应根据就餐人员的具体情况加以调整。因此在编制食谱前应全面了解就餐对象的基本情况，如就餐人数、性别、年龄、身体状况、劳动强度、工作性质以及饮食习惯等。

2. 计算宏量营养素全日应提供的能量

蛋白质、脂肪和碳水化合物是提供能量的主要来源。为了维持人体健康，这三种能量营养素占总能量供给比例应当适宜，一般是蛋白质占10% ~15%，脂肪占20% ~30%，碳水化合物占55% ~65%。具体可根据本地生活水平，适当调整上述三类能量营养素占总能量比例，由此



可求得蛋白质、脂肪和碳水化合物的一日能量供给值。已知某人每日能量需要量为10.03MJ(2400kcal),若三种产能营养素占总能量供给比值取中等值分别为蛋白质占15%、脂肪占25%、碳水化合物占60%,则三种能量营养素各应提供的能量为

蛋白质　　10.03 MJ(2400kcal)×15% =1.5045MJ(360kcal)

脂肪　　10.03 MJ(2400kcal)×25% =2.5075MJ(600kcal)

碳水化合物　　10.03 MJ(2400kcal)×60% =6.018MJ(1440kcal)

3. 计算三种能量营养素每日需要数量

将上述三大营养素的能量供给量折算为具体质量的需要量,这是确定食物品种和数量的重要依据。由于食物中的产能营养素消化率各不相同,吸收有异,消化吸收后在体内也不一定完全彻底被氧化分解产生能量。因此,食物中产能营养素在体内产生能量的多少按如下关系换算:即1g蛋白质产生能量为16.7kJ(4.0kcal),1g脂肪产生能量为37.6KJ(9.0kcal),1g碳水化合物产生能量为16.7kJ(4.0kcal)。根据折算系数可分别求出三大能量营养素需要量如下:

蛋白质 1514.5kJ÷16.7kJ/g=90g (360kcal÷4kcal/g=90g)

脂肪 2.507.5kJ÷37.6kJ/g=67g (600kcal÷9kcal/g=67g)

碳水化合物 6018kJ÷16.7kJ/g=360g (1440kcal÷4kcal/g=360g)

4. 计算三种能量营养素每餐需要量

知道了三种能量营养素全日需要量后,就可根据三餐的能量分配比例计算出各自每餐需要量。一般三餐能量的适宜分配比例为:早餐占30%、中餐占40%、晚餐占30%。依据此比例可分别计算出各餐需要摄入的三种能量营养素数量如下:

早餐:蛋白质 90g×30% =27g　脂肪 67g×30% =20g　碳水化合物 360g×30% =108g

中餐:蛋白质 90g×40% =36g　脂肪 67g×40% =27g　碳水化合物 360g×40% =144g

晚餐:蛋白质 90g×30% =27g　脂肪 67g×30% =20g　碳水化合物 360g×30% =108g

5. 主、副食品种和数量的确定

已知三种能量营养素的需要量,查《食物成分表》就可以确定主食和副食的品种和数量。

(1)主食品种、数量的确定:粮谷类是碳水化合物的主要来源,因此主食的品种、数量主要根据各类主食原料中碳水化合物的含量确定。

主食的品种主要根据进餐者的饮食习惯来确定,可以是以面食为主,也可以是以大米居多。根据上一步的计算,早餐应含有碳水化合物108g,若以小米粥和馒头为主食,并分别提供20%和80%的碳水化合物,查《食物成分表》得知,每100g小米粥含碳水化合物8.4g,每100g馒头含碳水化合物44.2g则所需小米粥重量=108×20% ÷(8.4/100)=257g,所需馒头重量=108×80% ÷(44.2/100)=196g。

(2)副食品种、数量的确定:确定了主食的品种和数量后,接下来就需要考虑蛋白质的食物来源。蛋白质广泛存在于各类动植物性食物中,除了谷类食物能提供蛋白质,各类动物性食物和豆制品是优质蛋白质的主要来源。因此副食品种和数量的确定应在已明确主食用量的基础上,依据副食应提供的蛋白质质量确定,计算步骤如下:

①计算主食中含有的蛋白质重量。

②用应摄入的蛋白质重量减去主食中蛋白质重量,即为副食应提供的蛋白质重量。

③设定副食中蛋白质2/3由动物性食物供给,1/3由豆制品供给,据此可计算出各自的蛋白质供给量。

④查《食物成分表》并分别计算各类动物性食物及豆制品的供给量。

⑤设计蔬菜的品种和数量可根据不同季节市场供应情况及考虑与动物性食物搭配需要来确定。通常每人每天所吃的蔬菜总量，应该能基本满足维生素和矿物质的需要，特别是钙、铁和主要靠蔬菜供给的胡萝卜素、维生素 B_2 和维生素 C。一般每天有 500g 左右蔬菜即可，其中最好 50% 是绿色叶菜类；此外，黄色、橙色、红色的蔬菜也应尽量食用；品种愈多愈好，最好每天能有 3 ~5 种。

仍以上述计算结果为例，已知该就餐者午餐应含蛋白质 36g、碳水化合物 144g。假设以米饭（大米）、馒头（富强粉）为主食，并分别提供 50% 的碳水化合物，查表得知，每 100g 米饭和馒头含碳水化合物分别为 25.9g 和 44.2g，可计算得出米饭和馒头所需重量分别为 278g 和 163g。

由食物成分表得知，100g 米饭含蛋白质 2.6g，100g 馒头（富强粉）含蛋白质 6.2g，则

主食中提供的蛋白质量 = 278g × (2.6/100) + 163g × (6.2/100) = 17.3g

副食中蛋白质含量 = 36g − 17.3g = 18.7g

设定副食中蛋白质的 2/3 来源于动物性食物，1/3 来源于豆制品，则

动物性食物应含蛋白质重量 = 18.7g × 66.7% = 12.5g

豆制品应含蛋白质重量 = 18.7g × 33.3% = 6.2g

若选择的动物性食物和豆制品分别为猪肉（脊背）和豆腐干（熏），查表可知，每 100g 猪肉（脊背）中蛋白质含量为 20.2g，每 100g 豆腐干（熏）的蛋白质含量为 15.8g，则

猪肉（脊背）重量 = 12.5g ÷ (20.2/100) = 62g

豆腐干（熏）重量 = 6.2g ÷ (15.8/100) = 39g

⑥确定纯能量食物的量 油脂应以植物油为主，有一定量动物脂肪摄入。查《食物成分表》计算每日各类食物提供的脂肪含量，将需要的脂肪总量减去各类食物提供的脂肪量即为每日植物油供应量。

6. 食谱的评价与调整

根据以上步骤所制定的食谱是否科学合理，可依据 DRIs 提供值进行比较与评估。若相差在 10% 上下，可认为合乎要求，否则应增减或更换食品的种类或数量。

（二）食物交换份法

食物交换份法是将常用食物按其所含营养素量的近似值归类，计算出每类食物每份所含的营养素值和食物质量，并将每类食物的内容列出表格供交换使用，根据不同能量需要，按蛋白质、脂肪和碳水化合物的合理分配比例，计算出各类食物的交换份数和实际重量，按每份食物等值交换表选择食物的方法。具体做法如下：

1. 食物分类

根据膳食指南，按食物所含营养素特点不同将食物划分为五大类食物。

第一类：谷类及薯类　包括米、面、杂粮、马铃薯、甘薯、木薯等。

第二类：动物性食物　包括肉、禽、鱼、奶、蛋等。

第三类：豆类及制品　包括大豆及其他干豆类。

第四类：蔬菜水果类　包括鲜豆、根茎、叶菜、茄果等。

每五类：纯能量食物　包括动植物油、淀粉、食用糖和酒类等。

2. 各类食物的每单位食物交换量表

是将常用食物按其所含营养素量的近似值归类,计算出每类食物每份所含的营养素值和食物质量,然后将每类食物的内容列入表格供交换使用。常用表如下:

(1)谷类及薯类交换代量见表10—5。每份食物大约可提供能量756kJ(180kcal)、蛋白质4g、碳水化合物15g。

表10—5 谷类和薯类食物交换代量表

食物	质量/g	食物	质量/g
面粉	50	挂面	50
大米	50	面包	75
玉米面	50	干粉丝(皮、条)	40
小米	50	土豆(食部)	250
高粱米	50	凉粉	750

(2)蔬菜、水果类交换代量见表10—6。每份蔬菜、水果大约可提供能量336kJ(80kcal)、蛋白质5g、碳水化合物15g。

表10—6 蔬菜、水果类食物交换代量表

食物(食部)	质量/g
大白菜、油菜、圆白菜、韭菜、菠菜等	500~750
芹菜、莴笋、雪里蕻(鲜)、空心菜等	500~750
西葫芦、西红柿、茄子、苦瓜、冬瓜、南瓜等	500~750
菜花、绿豆芽、茭白、蘑菇(鲜)等	500~750
柿子椒	350
鲜豇豆	250
鲜豌豆	100
倭瓜	350
胡萝卜	200
萝卜	350
蒜苗	200
水浸海带	50
李子、葡萄、香蕉、苹果、桃、橙子、橘子等	200~250

(3)动物性食物交换代量见表10—7。每份食物大约可提供能量378kJ(90kcal)、蛋白质10g、脂肪5g、碳水化合物2g。

表 10—7 动物性食物交换代量表

食物(食部)	质量/g	食物(食部)	质量/g
瘦猪肉	50	肥瘦羊肉	25
瘦羊肉	50	肥瘦牛肉	25
瘦牛肉	50	鱼虾	50
鸡蛋(500g 约 8 个)	1 个	酸奶	200
禽	50	牛奶	250
肥瘦猪肉	25	牛奶粉	30

(4)豆类交换代量见表 10—8。每份豆类大约可提供能量 188kJ(45kcal)、蛋白质 5g、脂肪 1.5g、碳水化合物 3g。

表 10—8 豆类食物交换代量表

食 物	质量/g	食物	质量/g
豆浆	125	熏干	25
豆腐(南)	70	腐竹	5
豆腐(北)	42	千张	14
油豆腐	20	豆腐皮	10
豆腐干	25	豆腐丝	25

(5)纯能量食物交换代量见表 10—9。每份食物大约可提供能量 188kJ(45kcal)、脂肪 5g。

表 10—9 纯能量食物交换代量表

食 物	质量/g
菜籽油	5
豆油、花生油、棉籽油、芝麻油	5
牛油、羊油、猪油(未炼)	5

3. 膳食安排

按照中国居民平衡膳食宝塔提出的膳食模式安排每日膳食。膳食宝塔建议了各类食物每日的进食范围。根据个人年龄、性别、身高、体重、劳动强度及季节等情况应适当调整食物摄取量。表 10—10 根据不同能量摄取水平给出各类食物参考摄入量。

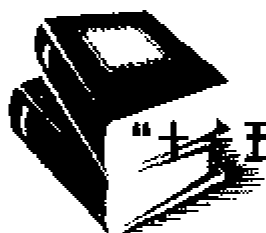


表 10—10　平均膳食宝塔建议不同能量膳食的各类食物参考摄入量　　g/d

食　物	低能量 约 75MJ(1800kcal)	中等能量 约 10.03MJ(2400kcal)	高能量 约 11.7MJ(2800kcal)
谷类	300	400	500
蔬菜	400	450	500
水果	100	150	200
肉、禽	50	75	100
蛋类	25	40	50
鱼虾	50	50	50
豆类及制品	50	50	50
奶类及奶制品	100	100	100
油脂	25	25	25

4．确定食物交换份数

根据不同能量的各种食物需要量，参考食物交换代量表，确定不同能量供给量的食物交换份数。如前述中等能量消耗的办公室工作男性职员，根据中等能量膳食各类食物的参考摄入量分别为：谷类 400g，蔬菜 450g，水果 150g，肉、禽类 75g，蛋类 40g，鱼虾类 50g，豆类及制品 50g，奶类及奶制品 100g，油脂 25g。参照食物交换代量表，分别相当于 8(400/50)份谷薯类食物交换份、1～2 份果蔬类交换份、4 份肉蛋奶等动物性食物交换份、2 份豆类食物交换份、5 份油脂类食物交换份。

将上述不同食物按重量分配到一日三餐中去，具体安排如下：

(1)早餐：牛奶 250g、白糖 20g、面包 150g、大米粥 25g；

(2)午餐：饺子 200g(瘦猪肉末 50g、白菜 300g)、小米粥 25g、炒莴笋 200g；

(3)加餐：梨 200g；

(4)晚餐：米饭 150g、鸡蛋 2 个、炒菠菜 150g；全日烹调用油 25g。

还可依据食物交换代量表，改变其中的食物种类，设计出不同餐、日、周乃至月的食谱。

食物交换份法是一个比较粗略的方法，在实际应用中，可将计算法与食物交换份法结合使用。

(三)营养食谱实例

大学生一日食谱实例见表 10—11。

表 10—11　大学生一日食谱

餐　次	食物名称	用　量
早　餐	馒头	面粉　100g
	稀饭	大米　50g
	豆腐乳	25g

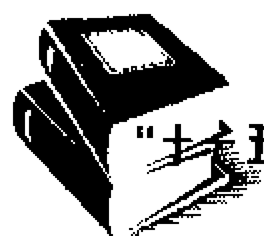
续表

餐次	食物名称	用量
午餐	胡萝卜烧牛肉	胡萝卜 100g 瘦牛肉 100g
	炒卷心菜	卷心菜 250g
	米饭	大米 200g
晚餐	猪血烧豆腐	猪血 50g 豆腐 100g
	清炒空心菜	空心菜 200g
	花卷	面粉 200g
全日烹调用油	25g	

中老年人一日食谱实例见表10—12。

表10—12 中老年人一日食谱

餐次	食物名称	用量
早餐	小米粥	小米 50g
	馒头	面粉 50g
	茶鸡蛋	1个
午餐	肉末豇豆	肥瘦猪肉 30g
		鲜豇豆 200g
	芹菜牛肉丝	瘦牛肉 20g
		芹菜 150g
	虾皮黄瓜汤	黄瓜 50g
		紫菜 2g
	米饭	大米 150g
晚餐	葱爆羊肉	瘦羊肉 50g
		大葱 25g
	素拌菠菜	菠菜 150g
		麻酱 10g
	丝瓜汤	丝瓜 25g
		豆腐丝 20g
	花卷	面粉 150g
全日烹调用油		25g



第六节　改善社会营养的宏观措施

为适应我国人民生活水平的提高和营养改善的要求，达到增强体质、保护健康的目的，需要研究和解决制约人群营养的社会条件和社会因素。在人体营养与食物营养价值等营养科学理论基础上，开展系列社会营养工作，如制订DRIs，制订合理食物结构和膳食指南，评估居民营养状况，大力开发食物资源和发展食品工业，加强营养教育和宣传等。通过强有力的行政干预，遵照营养科学的指导，制定营养改善行动计划，落实各项营养措施，使社区营养工作收到实效。

一、落实并全面实现《中国食物与营养发展纲要》

为了指导我国食物结构调整，促进食物生产与消费的均衡协调发展以及改善营养结构，我国制定了《中国食物与营养发展纲要》，其中有关食物与营养发展的目标如下：

(一) 2010年食物与营养发展的总体目标

1. 保障合理的营养素摄入量

人均每日摄入能量为9.62MJ(2300kcal)[供给能量为10.88MJ(2600kcal)]，其中80%来自植物性食物，20%来自动物性食物；蛋白质77g，其中30%来自动物性食物；脂肪70g，提供的能量占总能量的25%；钙580mg、铁23mg、锌12mg；维生素B_1 1.2mg，维生素B_2 1.4mg，维生素A 775μgRE。

2. 保障合理的食物摄入量

人均每年主要食物摄入量为：口粮155kg，豆类13kg，蔬菜147kg，水果38kg，食用植物油10kg，食糖9kg，肉类28kg，蛋类15kg，奶类16kg，水产品16kg。

3. 保障充足的食物供给

2010年全国主要食物生产总量的安全保障目标为：粮食5.7亿吨，豆类2300万吨，蔬菜3.7亿吨，水果7300万吨，油料3400万吨，糖料1.3亿吨，肉类7600万吨，蛋类2700万吨，奶类2600万吨，水产品5000万吨。

4. 降低营养不良性疾病发病率

5岁以下儿童低体重发病率降至5%，生产迟缓发病率降至15%。孕妇和儿童贫血患病率分别降至20%和15%。4个月以内婴儿的母乳喂养达到普及，4个月以上的婴儿，应逐步补充各种辅助食品。

(二) 食物与营养发展的重点领域、地区与群体

(1) 食物与营养发展的重点领域是：奶类产业、大豆产业和发展食品工业。

(2) 食物与营养发展的重点地区是相对落后的地区，即农村地区和西部农村地区。

(3) 营养改善的重点人群为儿童、青少年群体、妇婴群体和老年人群体。

(三) 促进食物与营养发展的政策措施

1. 调整结构，提高食品综合供给能力

从以下三个方面提出具体要求：①调整农业结构，提高食品质量；②加强管理，加快食品工

业发展；③加强食物市场体系建设，提高食物国际竞争力。

2. 加强法制建设，保护食物资源环境

提出了应：①加强食物与营养法制建设，完善食物与营养标准体系；②保护食物资源环境，保障食物质量、安全与卫生。

3. 依靠科技进步，提高全民营养意识

①加强科技研究，提高食物与营养发展的科技水平；②全国普及营养知识，提高全民营养意识。

4. 改善居民营养结构，保障我国食物安全

①实施有关营养改善行动计划，如国家大豆行动计划、国家学生饮用奶计划等；②加强营养监测，建立食物安全保障系统。

5. 加强对食物与营养工作的领导

实施分级管理、部门分工配合，建立现代食物管理体制，保证食物与营养发展目标的顺利实现。

二、大力发展食品工业

食品工业的任务在于将初级原料加工制造成价格适宜的高品质产品，使用各种工程方法使食品的生产和消费这两个环境在时间与空间上脱离，并负责提供保存良好的天然食品。随着经济的发展和人们生活水平的不断提高，现代食品应最大限度地满足不同人群的营养需求。如何使加工的食品具备安全、营养、美味、低成本等已是摆在各级政府、企业和相关组织面前的重要课题。从这种意义上来说，新时期人们对加工食品的需求给食品工业提出了新的机遇与挑战。

加快食品工业的发展是一项系统而复杂的工程，食品工业涉及的行业宽泛、问题诸多，依照中国食物与营养发展纲要（2001～2010）精神，应努力做好如下工作：

（一）从宏观上需进行科学决策和规划

各级政府职能部门应深入实际，转变政府职能，掌握实情和全局动态，制定出合乎国情、民情的食品生产、加工的相关政策、纲领性文件，引导食品工业的有序发展，实现食品工业产供销一体化。同时还应加强监管，依法处理行业中出现的各类违法活动，并努力做好服务工作，为食品工业营造良好的政策和市场环境。

（二）食品工业应不断调整行业结构，加速传统食品工业的优化升级

目前我国食品工业发展水平不高，地域布局和加工能力相差较大，应不断调整和改进行业结构，促进传统食品工业向现代食品工业的转化，建立现代食品工业体系。

（三）运用现代科学技术，大力发展和提高我国食品工业科技水平

不断加强食品工业创新、优化加工工艺、提高加工能力和水平、提高食物加工综合利用率和食品储运技术等。制定并运用严格的质量标准，保证食品加工质量，努力使加工食品合乎安全、营养、美味和多样性要求。使食品工业成为健康产业，为祖国的经济建设做出应有的贡献。



三、实行食品营养标签

食品营养标签是指在食品的外包装上标注了营养成分的公开声明,它是显示食品组成成分,食品的特征和性能,向消费者传递食品营养信息的主要手段,是消费者最简单、最直接获取营养知识的途径,也是均衡膳食,提高公众健康的基础性内容。它不仅载明了单位包装食品中的各种营养成分的种类和数量,让消费者了解产品的营养特性,了解营养知识,吃着明白、放心;同时也对食品加工企业提高生产技术水平,生产出合乎营养与健康的食品提出了新的要求。

食品营养标签在世界各国越来越受到重视。美国、欧洲、日本等发达国家和地区都已颁布了相应的营养标签法规。据统计,美国1990年只有34%的居民有看营养标签的习惯,到1996年,87%的美国居民养成了看营养标签的习惯。通过这项举措,使居民脂肪摄入量降低13%,血清胆固醇水平显著下降。

我国于1999年开始着手拟定《食品营养标签管理办法》,现已公开征求社会各界的意见,尽快颁布实施。拟定中的《食品营养标签管理办法》规定,凡有外包装的食品,应标有其营养成分表和营养素含量,还可标示部分营养素知识指南。能量、蛋白质、碳水化合物、糖、总脂肪含量、总胆固醇和钠等营养素的含量将作为强制性营养标识,必须标注在食品包装上。

食品营养标签的实施,在我国食品标准中是一项重大发展,标志着从控制食品生产中"有害因素"的常规阶段,发展到指导"有益健康"产品生产的新的高度。将会对我国食品工业的发展,普及和提高居民营养学知识,对人群合理选择食物和安排日常膳食、增进健康发挥应有的作用。

四、加强营养教育和宣传

营养教育是通过改变人们的饮食行为而达到改善营养状况的一种有计划的活动。主要是通过营养信息交流,帮助个体和群体获得营养知识和食物,养成健康的生活方式。已被各国政府和营养学家作为改善人民营养状况的主要有效手段之一。

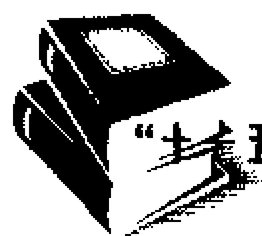
营养教育的对象包含社会各类人群。主要是对从事餐饮业、农业、商业、粮食、轻工、计划等部门的有关人员进行营养知识培训。其目的在于提高各类人群对营养与健康的认识,消除或减少不利于健康的膳食营养因素,改善营养状况,预防营养性疾病的发生,提高人们健康水平和生活质量。营养教育的主要内容包括:①各级各类人员的营养知识培训;②将营养知识纳入中小学的教育内容和教学计划中去;③将营养工作内容纳入到初级卫生保健服务体系,提高初级卫生保健人员和居民的营养知识水平;④利用各种宣传媒介,广泛开展营养宣传活动,倡导合理的膳食模式和健康生活方式,纠正不良饮食习惯等。营养教育不仅仅是传播营养知识,还应提供促使个体、群体和社会改变膳食行为所必需的营养知识、操作技能和服务能力。

大量调查研究表明,营养教育和宣传具有多途径、低成本、覆盖面广和收效明显等特点,对提高人民群众的营养知识水平,合理调整膳食结构以及预防营养相关疾病切实有效,对提高国民健康素质、中华民族的伟大复兴具有重要意义。



思考题与习题

1. 简述营养调查与营养监测之间的关系
2. 简述 DRIs 包括的内容和意义。
3. 试述社区营养的概念、目的和研究重点
4. 简述膳食指南的内容和意义。
5. 简述膳食调查方法及其优缺点。
6. 实行食品营养标签的目的和意义是什么?



第十一章 强化食品、保健食品和工程食品

学习目的与要求

1. 掌握食品营养强化的概念、意义和作用,熟悉食品营养强化的基本原则和强化技术,熟悉营养强化食品的种类及其生产方法

2. 掌握保健食品的概念、原料及未来发展趋势,熟悉保健食品的功能与评价方法、行政管理法规、审批程序与技术要求。

3. 了解工程食品的概念、发展简况和发展动态,了解低能食品、低脂食品、仿生食品的发展简况和发展动态。

第一节 食品的营养素强化

从现代营养学的研究发现,人类几乎无法从单一天然食品中获得满足人体需要的各种营养素。此外,食品在储存、加工、烹调等过程中有部分营养素损失。因此,为了弥补天然食品的营养缺陷以及补充食品在加工、储存等过程中营养素的损失,满足不同人群对营养素的需要,通常需要对有关食品进行营养强化。

所谓食品的营养强化(fortification)就是根据各类人群的营养需要,向食品中添加一种或多种营养素,或者某些天然食品,以提高食品营养价值的过程,这种经过强化处理的食品称为强化食品(fortified food)。所添加的营养素或含有营养素的物质(包括天然的和人工合成的)称为食品营养强化剂或食品强化剂。我国《食品卫生法》规定,"食品强化剂是指为增强营养成分而加入食品中的天然的或者人工合成的属于天然营养素范围的食品添加剂"。国内外经常使用的营养强化剂主要包括必需氨基酸、维生素、矿物质等3类。此外也可包括用于营养强化的天然食物及其制品,如大豆粉、谷胚、大豆蛋白等。被强化的食品称为载体,载体一般选用食用范围广、消费量大、适合强化工艺处理、易于保存运输的食品,如大米、面粉等主食,乳制品、儿童食品、老年食品、饮料、罐头、酱油和食盐等。

一、食品营养强化的意义和作用

(一)弥补天然食物的营养缺陷

几乎所有的天然食品单独食用时都不能满足人体对所需营养素的需要。例如,大米和面粉虽含有丰富的碳水化合物,但缺乏多种维生素,蛋白质含量和品质均不足,尤其是赖氨酸等必需氨基酸的不足,严重影响其营养价值。而新鲜水果蔬菜含有丰富的维生素和矿物质,但蛋白质、脂肪和碳水化合物严重不足。至于那些含丰富优质蛋白质的肉、禽、蛋和水产类等动物

性食物，其钙和维生素C等含量则不能满足人类的需要。即使营养素较全面的鲜奶类，其铁和维生素D却不能满足婴儿的长期需求。通过有针对性地对食品进行营养强化，可弥补天然食物的营养缺陷，提高其营养价值。

（二）补充食品在加工、储存及运输过程中损失的营养素

大多数食品在消费之前需要加工、烹调、储存及运输，在这一系列过程中，由于物理、化学、生物的因素导致食品中营养素的不同程度损失。例如在碾米和小麦磨粉时，多种B族维生素损失在脱去的稻糠和麦麸中；水果、蔬菜在切碎、漂洗过程中，水溶性和热敏性营养素均有不同程度的损失，尤其维生素C损失严重；用小麦面粉烤制面包时，其中赖氨酸损失约10%，烤制饼干时损失率高达50%以上，同时，蛋氨酸和色氨酸也有较大程度的损失。新鲜的水果蔬菜含丰富的维生素C，但受其本身含有的多种氧化酶（如抗坏血酸氧化酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、细胞色素氧化酶等）的破坏，引起果蔬在储存、运输过程中维生素C不同程度的破坏。因此，为了补充食品在加工、储存及运输过程中损失的营养素，对上述食品进行营养强化很有实际意义。

（三）方便摄食、简化处理

食物多样化是许多国家膳食指南的基本原则之一。由于天然的单一食物不能全面满足人体的营养需要，因此，人们为了获得全面的营养素就必须同时进食多种食物。因而烹调一餐食品品种多、营养素丰富的饭菜，费时费力。为适应越来越快的现代生活节奏，方便食品与快餐食品应运而生。但许多方便食品品种单一，不能满足人们的全面营养需要，为了在给人们带来方便的同时又能够确保人们的营养和健康，有必要对方便食品与快餐食品进行营养强化。

此外，对于某些特殊人群，例如从事野外作业的地质勘察和探险活动人员，也需要携带既进食简便、又营养素全面的强化食品。尤其对行军作战的军事人员，由于军事活动体力消耗大、营养要求高，既要进食简便，又要营养全面，因而各国的军粮采用强化食品的比例很高，特别是在战时，大多是强化食品。

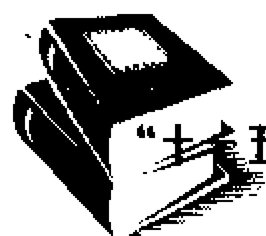
（四）满足不同人群的营养需要

对于不同年龄、性别，不同生理、病理状况及不同工作性质和工作环境的人来说，他们营养需要的情况是不同的，针对各类人群对食品进行不同的营养强化可分别满足他们的营养需要。例如孕妇和乳母对营养素的要求非常高，她们很容易缺钙、铁、锌等矿物质及一些维生素。因此，对她们除了强调供应充足的高质量膳食外，最好能强化上述营养素。又如生长、发育迅速的婴儿时期，当婴儿长到4～6个月以后，单纯人乳已不能满足孩子生长、发育的需要，需要添加辅助食品，而辅助食品大多为营养强化食品，如婴儿配方奶粉。

此外，不同职业的人群对营养素的需要有所不同。例如对井下作业的矿工，增加维生素A、维生素D、维生素C及钙等营养素可改善营养状况、增强视力、减轻疲劳和增强工作能力。对于接触重金属铅的作业人员，如果给以大量维生素C强化的食品，可促使进入人体消化道的铅排出体外，从而显著减少铅中毒的危害性和危险性。

（五）其他

从预防医学的角度看，食品营养强化对预防和减少营养素缺乏病，特别是某些地方性营养



素缺乏病具有重要的意义。例如我国和世界上大多数国家对缺碘地区的人采取了食盐加碘的办法,已基本控制了地方性碘缺乏病。对缺硒地区供应加硒食盐,对防止缺硒引起的克山病和大骨节病也很有效。

此外,某些食品强化剂除了可以提高食品的营养价值外,还可提高食品的感官质量、改善食品的保藏性能。例如β-胡萝卜素在作为维生素强化剂对黄油、奶油、冰淇淋进行营养强化的同时,不但可增加上述食品的营养,而且能大大改善感官质量。维生素C和维生素E在食品中还具有良好的抗氧化性能,在食品加工中可作为抗氧化剂使用。此外,当它们在肉制品中和亚硝酸盐并用时还具有阻止亚硝胺生成的作用,并有助于改善肉品的色泽。

二、食品营养强化的基本原则

营养强化食品的功能和优点是多方面的,但要生产出安全、合格的强化食品,必须遵循以下基本原则。

(一)有明确的目的和针对性

进行食品营养强化前首先要对本国或本地区的食物种类及人们的膳食习惯、营养状况作全面细致的调查研究,认真分析其膳食结构特点及缺少哪些营养成分,然后根据本国、本地区人们摄食的食物种类和数量选择需要进行强化的食品(载体)以及强化剂的种类和数量。例如,我国南方多以大米为主食,由于生活水平的提高,人们多喜食精米,导致硫胺素摄入量不足,致使有的地区脚气病流行。因此,除了提倡食用标准米以预防脚气病外,在有条件的地方也可考虑对精米进行适当的维生素强化。而婴幼儿、乳母食品应考虑强化钙和维生素D;对于地方性营养缺乏症患者的强化食品更应仔细调查,针对所需的营养素精确地确定营养强化剂的品种和剂量,并选择好适当的载体进行强化。

作为一个营养强化中缺乏针对性的例子,如美国在过去曾一度花费了大量人力和物力对面包进行赖氨酸强化。虽然对动物试验和人体研究的很多数据表明,用赖氨酸强化的面包可大大提高小麦蛋白质的生物价,但是这对一个本来优质蛋白质摄入普遍充足的发达国家,这种强化完全是多余的。不过对缺乏优质蛋白质食物的发展中国家和地区来说,进行赖氨酸强化是颇为有益的。

(二)以营养平衡为准绳

根据营养学原理,人体对各种营养素的需要量之间有一定的比例关系。合理膳食的基本原则就是要求人体摄入的各种营养素之间要保持数量比例的平衡,如必需氨基酸之间的平衡,产热营养素之间的平衡、钙、磷平衡,微量元素和维生素的平衡等。而食品营养强化的根本目的是改善天然食物存在的营养素不平衡关系,亦即通过加入其所缺少的营养素,使各种营养素含量之间达到平衡,适应人体需要。强化的剂量应适当,做到既能满足人体需要,又不造成浪费或引起新的不平衡。

(三)确保强化食品的安全性和有效性

为了确保强化食品的安全性,许多国家均制定了营养强化剂的使用标准。我国于1994年发布了强制性国家标准GB 14880—1994,即《食品营养强化剂使用卫生标准》。食品营养强化

剂的质量和纯度必须符合国家标准，同时其添加剂量也必须符合有关的卫生标准。需要说明的是，营养强化剂与一般的食品添加剂在使用上有原则的区别。一般的食品添加剂在食品卫生上只要求对人体无害，因此只需规定使用量的上限即可，而营养强化剂除了要求对人体无害外，还要有一定的营养效应，所以，对它的使用量要求既规定上限，还要规定下限。添加量一般以相当于食用对象正常参与摄入量（RNI）的1/3至RNI为宜。

（四）吸收率高，稳定性强

强化食品用的营养强化剂应该尽量选择吸收率高、稳定性强的品种。许多食品营养强化剂遇光、热和氧气等会引起分解、转化等而遭到破坏，在食品的加工及储存等过程中会发生部分损失，降低强化效果，因而需要考虑改进加工工艺和强化剂本身的稳定性，如用抗坏血酸磷酸酯代替抗坏血酸，用硫胺素二月桂硫酸盐代替硫胺素等，都取得了良好的效果。

（五）保持或改善食品的感官性状

食品营养强化过程不能损害食品原有的风味和感官质量，而应该保持或改善食品的感官性状。食品营养强化剂多具有自身特有的色、香、味，有些甚至具有不良的味道，如鱼肝油有较浓的鱼腥味，维生素C酸涩味强，有些铁强化剂有红褐色和铁锈味，人们难以接受。用这些强化剂强化食品时，如果食品载体选择不当，则会损害食品原有的风味和感官质量，但如果食品载体选择恰当，则能够保持甚至大大改善食品的感官性状。例如铁盐呈黑色，若用于酱或酱油的强化时，因这些食品本身就有一定的颜色和味道，在一定的强化剂量范围内，不会产生不良感觉。又如用β-胡萝卜素对黄油、奶油、干酪、冰淇淋、糖果和果汁饮料进行强化，既有营养强化作用，又可改善食品色泽，提高感官质量。用维生素C强化果汁饮料无不良影响，而将其用于强化肉制品时，不但可增加肉制品的营养，还可作为发色助剂，并减少致癌物质亚硝胺的生成。

（六）价格合理、利于推广

食品的营养强化需要增加一定的成本，但其价格应控制在人们的可接受范围，否则不易推广。

三、食品强化技术

强化食品的生产工艺流程为

制定配方→强化剂的计量和预混→强化剂的添加及混合→加工成型→包装出厂

（一）强化食品配方的制定

配方的制定必须以现代营养科学为指导，根据食品营养强化的基本原则，全面考虑各方面的问题，选择合适的载体，精心选择确定强化剂的种类、品种和剂量。制定配方时应考虑以下几个问题：

1. 营养强化对食品色、香、味等感官性状的影响

有关调查表明：食品的风味和感官性状是消费者选购食品时重点关注的因素。在生产强化食品时，必须设法解决因添加各种不同营养成分而出现的诸如产生不良风味及色泽、口感、



沉淀、粘度变化等问题。某些矿物质类微量元素的加入会影响强化食品的口味;维生素类营养素的添加影响食品的色泽和风味,如维生素C降低体系的pH,出现酸味,如改成维生素C的钠盐就可避免上述现象出现。在某些条件下,β-胡萝卜素和核黄素会使食品颜色发生变化。核黄素强化不均匀会使食品出现难看的色斑。这一类问题的存在会造成强化食品感官品质的下降,影响人们对强化食品的接受。

2. 强化剂的生物利用率及加工贮存的稳定性

虽然除了亚铁盐类微量营养素外,多数矿物质均不会受到加热的不良影响,但大多数维生素在高温、光照、有氧等条件下都不稳定,加工、贮存过程中容易被破坏。对易被氧化破坏的维生素类强化剂如维生素A和维生素C在生产中可适当添加抗氧化剂和螯合剂等作为稳定剂。常用的抗氧化剂和螯合剂有去甲二氢愈创木酸(NDGA)、丁基羟茴香醚(BHA)、没食子酸丙酯(PG)、卵磷脂及乙二胺四乙酸(EDTA)等。此外,提高维生素类强化剂稳定性的重要方法之一是在不影响生理活性的条件下改变其化学结构。例如硫胺素的盐酸盐加热易破坏,对碱不稳定。为克服这些缺点,现已合成10多种具有一定生理活性而又各具特点的硫胺素衍生物,如硫胺素硝酸盐、硫胺素硫代氰酸盐、二苯酰硫胺素、硫胺素二月桂基硫酸盐及二苯基硫胺素等。维生素C是热敏性最强、最易破坏的维生素。近年来研制成功的维生素C磷酸酯镁或维生素C磷酸酯钙具有与维生素C同样的生理功能,并且比较稳定,即使在金属离子(Cu^{2+},Fe^{2+})存在下煮沸30min,也基本无变化,而普通维生素C在同样条件下可损失70%~80%。

除了考虑营养强化剂的稳定性外,在制定配方时,还要考虑不同营养素之间相互协同或相互拮抗的关系。为了保证强化食品中营养素的含量,在设计配方时还要考虑生产过程中可能的损失情况,适当增加剂量。

3. 强化食品增加成本和费用

营养素的添加会造成食品原料和加工成本的增加。首先营养素的添加会造成直接成本提高;其次,有些添加剂可能需要对生产设备进行改造或增加,从而造成生产设备费用的提高;第三,强化食品最重要的是营养素含量稳定,企业要对生产的成品及时进行检测,造成检测成本的增加。

(二)强化剂的预混

将食品营养强化剂添加到载体中的方式有4种:一是直接添加原形强化剂;二是添加制成的片剂、微胶囊或块剂;三是添加配制成的溶液、乳浊液或分散悬浊液;四是添加经预先干式混合的预混剂。

采取何种添加方式应以能使营养素在制品中均匀分布并保持最大限度的稳定为准。为了保证少量或微量的强化剂在强化食品中的均匀度和安全性,一般不宜采用直接添加的方式,而应将强化剂预先配制成液体或固体的预混物,再添加到大批量的载体中。配方中选用的各种固体强化剂都要磨成细粉,分别称取一定的数量,先加到少量(例如2kg)载体中,置于小容量搅拌机内混匀,然后再与较大量(例如5~10 kg)的载体充分混合稀释,最终配制成含一定浓度强化剂的预混物。对极微量的强化剂如碘和硒的化合物,先精确称取后分别溶解于少量温水中,喷雾于载体,经烘干后再预混。

(三)强化剂的添加与混合

将食品营养强化剂添加到载体中的时间可分3种情况。

1. 在食品原料中添加

对于国家法令规定的强化项目，大多是人们普遍缺少的必需营养成分，对这类食品一般在日常必需食物或原料中预先加入。例如，为了预防甲状腺肿大，食盐中添加碘；为了防止脚气病，粮食中添加硫胺素。其他包括在面粉、大米中添加维生素A、维生素D及铁质、钙质等。这种强化方法简单，易操作

2. 在加工过程中添加

在食品加工过程中的某个环节将营养强化剂添加到大批食品中，这是强化食品采用的最普遍的方法。此法适用于罐装食品（如罐头、罐装婴儿食品、罐装果汁和果汁粉等），亦适用于人造奶油、各类糖果、糕点等。强化剂加入后，经过若干道加工工序，可使强化剂与食品的其他成分充分混合均匀，并使由于强化剂的加入对食品色、香、味等感官性能造成的影响尽可能小。当然，在罐头食品加工过程中往往有巴氏杀菌、抽真空等处理，不可避免地使食品受热、光、金属的影响而导致强化剂及其他有效成分的损失，如面包焙烤时，赖氨酸可损失9%～24%。因此，在采取这种强化方法时，应注意工艺条件和强化条件的控制，在最适宜的时间和工序添加强化剂，以尽可能减少食品有效成分的损失。

3. 在成品中混入

采用前两种方法强化食品时，在加工和储藏过程中会使强化剂造成一定程度的损失。为避免这种损失，可采取在成品中混入的方法进行强化，即在加工成品的最后工序中混入强化剂。例如，婴幼儿食品中的母乳化奶粉、军队用粮中的压缩食品等，均在制成品中混入。

（四）改进强化食品加工工艺

在强化食品的生产中，针对强化剂的特性改进食品加工工艺是提高营养强化剂稳定性的重要手段。例如高温瞬时灭菌乳的生产中采用高温瞬时灭菌的工艺能在一定程度上减少损失。

（五）改善强化食品的包装、储存条件

营养强化剂的含量随食品储存时间的延长而逐渐降低，其损失程度往往依食品的包装和储存条件而异。考虑到一些营养素对光的敏感性，选择包装时应考虑不透光的材料，如目前市场上出现的维生素A强化食用油，采用的就是不透光的包装材料。有些易被氧化的维生素应考虑采用不透气的包装材料，可在一定程度上延长此类产品的货架期。为了防止空气中氧的作用和避免光、热等对强化剂的破坏作用，通常采用密封真空包装和抽氧充氮包装。

降低储存温度有利于强化剂尤其是维生素类强化剂的保存。通常，储存温度越高，维生素等的分解作用越快。如维生素C的分解速度在20℃时比6～8℃时快2倍。真空包装的强化乳儿粉，在37℃储存时许多维生素的损失都比常温大。所以强化食品应尽量储存在较低的温度条件下。

四、强化食品的种类和生产

营养强化食品的种类繁多，依强化食品在膳食结构中的比例可分为强化主食品（如大米、面粉等）和强化副食品（如肉制品、食盐、酱油等）；按食用对象分类可分为普通食品、婴幼儿食品、孕妇及乳母食品、老人食品、军用食品、预防职业病食品及航天食品等特殊需要食品。按所



添加的营养强化剂的种类来分类,有维生素类、蛋白质氨基酸类及矿物质类等强化食品,还有用天然食物作为强化剂的强化食品以及混合型强化食品等。目前应用较多的是强化谷物食品和强化乳粉。

(一)谷物强化食品

谷物是我国及其他许多国家人民日常生活的主要食物来源,谷物类食品包括的品种很多,但人们食用的主要是小麦和大米。谷类子粒中营养素的分布很不均匀,多集中在谷皮和糊粉层中,所以谷类加工碾磨精度与其营养素的损失程度呈正相关。且人们倾向于食用精白米面,这使得B族维生素的摄取减少。此外,赖氨酸是谷物的限制氨基酸,因此目前许多国家对面粉、面包、面条和大米等都进行营养强化。

1. 面粉及其制品的营养强化

(1)面粉的营养强化

小麦是世界上种植最广、生产量最高的谷类,在很多国家和地区都是主要食品原料,对于人类能量摄取有着重要的意义。由于其食用广泛、稳定性高、加工特性好、强化成本低及强化工艺简单,因此面粉强化成为解决微量营养素缺乏问题的最佳选择之一。面粉强化营养素在国际上已有几十年的历史,并在许多国家推广和食用,在世界范围内,对面粉进行强制性营养强化正成为趋势。目前共有14个国家制定了有关面粉强制性营养素强化的法规,有不少国家正在考虑制定强制性强化法规,但我国的面粉强化工作尚处于起步阶段。

国外强化面粉的营养素主要是硫胺素、核黄素、烟酸和铁等,一些国家还添加钙和叶酸。此外,也有添加维生素A和维生素D的。

我国国家公众营养改善项目专家工作组在全面分析了面粉强化的国际经验和我国食品强化的相关法规,并认真讨论了大部分人群长期食用时可能存在的安全方面问题的基础上制定了我国强化面粉营养配方。面粉强化营养素添加量为:(每1kg面粉中添加微营养素量)硫胺素3.5mg,核黄素3.5mg,烟酸35 mg,叶酸1 mg,铁40mg,锌25 mg,钙1000 mg。以此营养配方强化的面粉,其加工精度、水分含量、粗细度、湿面筋含量、磁性金属物含量和含砂量均符合特制二等标准,并与基础面粉无明显差异。因此微营养素的强化总体上不影响面粉的质量和加工品质。

小麦面粉营养强化成本很低。在我国,如果按照上述配方生产营养强化面粉,生产1t强化面粉增加的成本不超过50.00元人民币,若按每人每天400g消费量计算,每人每年仅需增加7.30元就能保证全年消费营养强化面粉。此外,规模化生产后,企业生产设备和质量控制增加的费用也不会太高。

面粉强化工艺简单,一般是先将营养强化剂与少量面粉及其他辅料混合制成营养素含量极高的预混料,再将预混料与要强化的面粉按一定比例混合均匀即可。预混料的制法有直接混合法和喷雾法两种。直接混合法就是将要强化的营养素与一定量的淀粉混合配成预混料,再将此预混料与一定量的面粉混合均匀即制成需要的强化面粉。喷雾法是将营养强化剂与水混合,例如将硫胺素、核黄素、矿物质、氨基酸等溶于水中,将其水溶液与面粉均匀混合,一起进行喷雾干燥,所得产品即为富含营养素的预混料,再将此预混料与一定量的面粉混合均匀即制成需要的强化面粉。

(2)面条的营养强化

面条是我国北方人民的主食之一，也是亚洲一些国家和地区人民的主食之一。泰国规定，制造商可以根据自愿原则在面条中强化维生素A、铁和B族维生素。面条强化时，为了使营养素的损失较少，常将强化剂夹于面条中间。具体做法是：用两条普通面带夹住含有强化剂的面带，三条面带一起轧压成新面带，再切分为强化面条。面条、通心粉等面食制品在干燥或煮食过程中各种维生素的保存率多在65%～85%之间。

（3）面包的营养强化

面包是很多国家的重要食品。面包的强化在西方及亚洲地区很普遍，其强化的营养素多为维生素（硫胺素、核黄素、维生素D、尼克酸）和必需氨基酸（赖氨酸），强化方法有几种，有直接将强化剂加入到面粉中去的，也有将营养强化剂预先制成片剂或粉粒，在一次发酵后调和面团时将其加入，与面团充分混合后再继续后续操作。

面包也用作矿物质的强化载体。在美国、英国和瑞士等国家因广泛食用铁强化面包使缺铁性贫血发生率大幅度下降。采用钙强化面粉制作面包效果很好，当钙强化水平高出标准2～4倍（达到每100g面包含211～924mg）时仍不会影响感官和质构特性，在动物实验中，喂食钙强化面包的小鼠股骨强度较之对照组显著增加。在面包的钙强化研究中发现，使用碳酸钙与乳钙（钙质量分数为5.6%的高钙乳清粉）其吸收效果接近，因此，作为价廉的钙源，碳酸钙可成为面包钙强化的首选。

2. 强化大米

大米是中国、日本、泰国等一些亚洲国家及非洲等地区人民的主食，鉴于其加工后的营养素损失以及蛋白质中赖氨酸、蛋氨酸等的不足，因此，进行营养强化十分必要。目前世界各国对大米强化的态度一般以自愿为原则，多数国家并未制订强化大米的法规。一方面因为大米加工厂家太多，难以进行强制性规定，另一方面因为大米并非西方发达国家人民的主食。大米的强化首先由菲律宾于1944年实际应用，并在当地防治维生素缺乏症等方面很有成效。他们经过2年普遍食用强化米，基本上消除了脚气病，提高了人民健康水平。此后，在日本等亚洲国家及拉丁美洲等一些国家中也陆续开始食用强化米。我国现在尚无强化米供应。目前文献报道的强化米制造方法很多，归纳起来有内持法和外加法两类。内持法就是设法将米粒外层及胚芽中的营养素尽可能转移至米粒内部，使其在碾制及后续加工过程中能较多地保持米粒中原有的营养素；外加法是将各种营养强化剂配制成水溶液或脂溶性溶液，然后将米浸渍其中，以吸收各种营养成分，或者将营养强化剂溶液喷涂于米粒上，然后经真空干燥制成。

3. 强化早餐谷物食品

早餐谷物食品的强化在美、欧、日本非常普遍，我国目前市场上这类产品较多，很受中老年消费者欢迎。强化方法有两种：一种是在早餐谷物食品的原料中强化硫胺素、核黄素、尼克酸、叶酸等B族维生素和钙，加水进行混合，滚压制片或造形、气蒸、烘烤而成。另一种是多种谷物如大米、玉米、糯米、小麦、燕麦等，经膨化后磨粉再强化维生素和矿物质或添加大豆粉、花生粉，调味后包装出售。

（二）强化副食品

1. 强化食盐

内陆地区往往缺碘。由于食盐是人们每天的必需品，也是主要的调味品。而无论社会经济状况如何，每个成年人每日摄人食盐的数量一般比较恒定，因此，食盐是强化碘的理想载体。

很多国家都制订了强制性加碘的强化食盐政策,各国都对食盐进行了强化,其强化方法是在食盐中添加碘化钾。不同国家食盐碘强化水平差异很大,碘元素浓度在10~80mg/kg之间。

有些国家还出现了碘、铁双重强化食盐的产品。在埃及还有钙、铁强化食盐,也有对食盐强化氟预防龋齿的报道。

2. 强化酱油

酱油是日常生活中常用的调味品,特别是在中国及东南亚国家和地区,虽然有些国家把酱油用做强化硫胺素(硫胺素的强化剂量一般为17.5mg/L)、核黄素和钙等的载体。不过,如同食盐是碘强化的最佳载体一样,酱油由于其深褐色的液体、复杂而强烈的风味、食用的大众性以及食用量的自限性,似乎最适合作为铁强化剂的载体。

由于一般的铁强化剂都有较刺激的铁腥味,影响人们的接受,但NaFeEDTA是一种新型铁营养强化剂,1993年被联合国食品添加剂联合专家委员会推荐作为铁营养强化剂,具有食用安全、吸收率高、能显著改善缺铁性贫血、不影响酱油感官品质等优点,被认为是一种理想的铁营养强化剂。我国营养学家大量研究证实,NaFeEDTA络合铁强化酱油是改善我国居民缺铁性贫血的有效方式,目前我国已批准使用NaFeEDTA络合铁强化酱油,作为改善缺铁性贫血的方式在全国进行生产推广。

3. 强化人造奶油

在欧美国家,食用面包时常佐以人造奶油,因而人造奶油的消费量比较大,是每天必需食用的主要副食品。目前,全世界大约有80%的人造奶油都进行了强化。人造奶油主要强化维生素A和维生素D,其强化方法是将维生素直接混入人造奶油中,经搅拌均匀后即可食用。大多数国家维生素A的添加量范围在3180~45 000IU/kg,而维生素D_3(胆钙化醇)的添加量在480~5300IU/kg。在此强化水平上,一大汤匙人造奶油(约15g)分别能提供学龄前儿童维生素A和维生素D的RNI值的4%~51%和2%~20%。

(三)婴幼儿及儿童专用的强化乳制品

虽然母乳喂养是婴儿最佳的喂养方式,但随着工业化的发展,妇女走向社会进入生产岗位,城市母乳喂养婴儿的比率近年来愈来愈低,牛奶代替人奶或作为人奶的补充喂养婴儿已非常普遍。因为牛奶与人奶在营养成分上存在不少差异,仅靠普通的牛奶喂养婴儿不能满足其生长发育的需要,如用牛奶为主料喂养婴儿,必须对牛奶进行适当的强化处理,使之适合于婴儿的生长发育。

以鲜牛奶为原料,脱盐乳清粉为主要配料,适量添加糖类和脂肪,减少K,Ca,Na等无机盐的含量,使其各种营养素接近或相当于母乳成分,这样加工的奶粉在我国称为婴儿配方乳粉,主要用做6个月以下婴儿母乳代用品。我国有关部门于1997年制订或修订了关于国家标准婴儿配方乳粉的两个国家标准,即《婴儿配方乳粉Ⅰ》(GB 10765—1997)和《婴儿配方乳粉Ⅱ,Ⅲ》(GB 10766—1997)。婴儿配方乳粉Ⅰ适用于以鲜奶、白糖、大豆、饴糖为主要原料,加入适量的维生素和矿物质制作的婴儿粉状食品;配方乳粉Ⅱ和Ⅲ则是以鲜奶、脱盐乳清粉、饴糖、精炼植物油、奶油、白糖为主要原料再加入适量的维生素和矿物质制作的婴儿粉状食品。配方Ⅰ由于加入了一定大豆为原料,价格更适合收入不高的家庭,其理化指标除规定了每100g的能量及蛋白质、脂肪、灰分、水分含量外,还规定了维生素A、维生素D、维生素E、核黄素、烟酸、维生素C、钙、磷、镁、铁、锌、铜和碘等的具体指标。而配方乳粉Ⅱ和Ⅲ则必须以动物奶为原料,

而且规定蛋白质中乳清粉≥60%，碳水化合物中乳糖≥90%，营养指标除配方Ⅰ中所列项目外还增加亚油酸、维生素K、泛酸、生物素、胆碱、锰、铜、碘和牛磺酸等项目，其营养指标与母乳接近，也被称为母乳化乳粉，由于加工原料成本较高，因此产品价格较配方Ⅰ贵。

母乳化奶粉的特点和制作简介如下：

(1)蛋白质的母乳化

牛乳蛋白质和人乳有较大的差异。牛乳中不易被婴幼儿消化吸收的酪蛋白含量高，因此通过添加脱盐乳清蛋白，以增加乳清蛋白的含量，改变乳清蛋白和酪蛋白的比例，使之与母乳相似。在工艺上，常采用物理方法(高温瞬时，140℃，3s)处理使其软凝块化，以有利于婴儿消化吸收。

(2)脂肪的母乳化

由于牛乳中构成脂肪成分的脂肪酸含量与母乳不同，使得它的消化吸收较母乳差。研究表明，婴儿只能消化吸收牛乳中脂肪的66%，另外34%的脂肪及其中所含的脂溶性维生素、矿物质则不能被吸收利用而排出体外。牛乳饱和脂肪酸高于人乳，婴幼儿不易消化吸收，而不饱和脂肪酸尤其是亚油酸含量远远低于母乳，需要予以强化。母乳中的亚油酸为顺式型，强化时也应该用顺式亚油酸，这样不仅有利于婴幼儿消化吸收，而且可加强婴幼儿对皮炎及其他感染的抵抗力。活性顺式亚油酸一般来自于椰子油、向日葵油、玉米胚芽油或猪脂肪。

(3)糖类的母乳化

在母乳和牛乳中的碳水化合物主要是乳糖，在母乳中乳糖质量分数为7%左右，而牛乳中仅4.5%左右，因此，需要添加乳糖，使之接近母乳水平。其中α-乳糖和β-乳糖的比例大致是4:6。

(4)矿物质的母乳化

牛乳矿物质含量比母乳高得多，这些矿物盐须经肾脏排出体外，但由于婴儿的肾脏机能尚未发育完全，过量的矿物质摄入可造成肾脏负担过重，易引起发烧、浮肿等病症。因此要对牛乳进行脱盐处理，将Na，K，Ca等无机盐除去一部分，使无机盐类达到合适比例，保持K/Na比为2.88，Ca/P比为1.22的理想平衡状态。对于牛乳中含量比较少的Fe，Zn，Mn，Cu等微量元素，应使其有适当的含量和比例。

(5)维生素母乳化

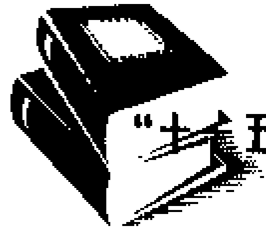
牛乳中需要强化的维生素有维生素A、硫胺素、核黄素、维生素B_6、维生素C、维生素D和叶酸等。应根据婴儿需要量进行维生素强化，确保使用强化牛乳喂养婴儿时不需再补充维生素。

(6)其他

母乳中有一种氨基糖，能促进双歧杆菌的繁殖。而牛乳中氨基糖的含量很微，需要予以强化，一般添加剂量为0.5～1.0g/L。此外也可添加适量牛磺酸以利于婴儿智力发育。

(四)强化军粮

强化军粮是出现得最早、也是要求很高的强化食品。为了适应严酷的战争环境，军粮既要营养全面、还要便于携带、易于烹煮、便于开启和食用。平时的军粮可以和一般民用的相仿，到了战时，则必须采用强化食品。为了携带方便，强化军粮大多以高能压缩食品为主，将几种不同的食品混合置于一个包装盒内，这些食品是按照有关的热能及营养素含量计算而定，并配成



一餐的供应量。普通餐盒内的主食大多由压缩饼干、压缩米糕、高油脂酥糖等组成;副食大多包括压缩肉松、肉干、调味菜干粉及各种汤料等,此外还有乳粉、炼乳、人造奶油、巧克力及罐头食品等,并可与食盒搭配食用。它们也都根据各自的特点,增补适当的强化剂。至于强化剂的品种及用量还可根据军、兵种的不同而异。

(五)其他强化食品

食品营养强化已经有100多年的历史,强化食品的种类繁多,不胜枚举,而且还在不断增加。除了前面介绍的强化食品外,近来市场上出现了很多强化了水溶性维生素及钙、铁、锌等营养素的各种饮料、糖果及罐头类强化食品。此外还有适应各种特殊人群和不同职业营养需要的强化食品以及疗效食品等。

第二节 保健食品

一、概述

(一)保健食品的概念

我国卫生部1996年3月公布的《保健食品管理办法》对保健食品(healthy food)的定义是:"保健食品系指表明具有特定保健功能的食品。即适宜于特定人群食用,具有调节机体功能,不以治疗疾病为目的的食品"。

保健食品又称为功能性食品(functional food),是以一种或多种可食性天然产物(植物、动物或微生物及其代谢产物)及其功能因子为主要原料,按照相关标准和规定的要求进行设计,经一系列食品工程技术手段和工艺处理加工而成,既具有一般食品的营养和感官特性,又对人体具有特定生理调节和保健功能。

世界各国对保健食品的称谓不尽相同,但其基本含义是一致的。国内一些权威专家认为此类食品称"功能食品"(functional food)更确切,因此在强制性国家标准GB 16740—1997中称该类食品为"保健(功能)食品"。纵观各国保健食品发展历史,大体经历了三个阶段,也可称为三代产品。

第一代保健食品:仅根据食品中的各类营养素和其他有效成分的功能来推断该类产品的保健功能。这些功能没有经过现代科学手段予以验证。目前各发达国家仅将此类食品列入一般食品。自20世纪80年代末至20世纪90年代中期,我国的保健食品多数为第一代产品,包括各类强化食品。我国在《保健食品管理办法》实施后,已不允许这类产品以保健食品的面目在市场出现。

第二代保健食品:必须经过人体及动物实验,证明该产品具有某项保健功能。在《保健食品管理办法》实施前,该代产品在市场上为少数。《保健食品管理办法》实施后,这代产品在市场上占了绝大多数。

第三代保健食品:不仅需要经过人体及动物实验证明该产品具有某项保健功能,还需查明具有该项保健功能的功能因子的结构、含量及作用机理,功能因子在食品中应有稳定形态。目前,美国、日本等发达国家只承认该代产品为"功能食品"。这类产品在我国市场上仅占少数,

而且功能因子的技术资料多数从国外引进，缺乏我们自己的系统研究工作。

(二)保健食品与一般食品和药品的区别

1. 保健食品与一般食品的区别

保健食品和一般食品都能提供人体生存必需的基本营养物质(食品的第一功能)，都具有特定的色、香、味、形等感官功能(食品的第二功能)，其区别在于：①保健食品含有一定量的功效成分(生理活性物质)，能调节人体机能，具有特定的功能(食品的第三功能)；而一般食品不强调特定功能，在一般食品中大多也含有生理活性物质，但含量较低，作用有限。②保健食品具有调节人体某些生理功能的作用，因而只有该功能失调的人群食用才有保健作用，否则没有必要，甚至会产生不良作用。因此，保健食品一般有特定的食用人群，需按产品说明规定的人群食用。例如，通便的保健食品只适用于有便秘的人群，其他人群则不宜，而减肥食品适合于肥胖人群，消瘦的人则不宜。一般食品提供人体维持生命活动所需的各种营养素，无特定食用人群。

2. 保健食品与药品的区别

保健食品虽具有调节人体某种机能的作用，但其本质属于食品，不是人们用于以治疗疾病为目的的物质。药品是治疗疾病的物质，药品的使用必须在医生指导下进行。保健食品与药品的比较见表11—1。

表11—1 保健食品与药品的比较

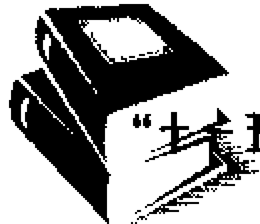
项目	药品	保健食品
目的	治疗疾病	调节生理功能，不治疗疾病
有效成分	单一或复合、已知	单一或复合、已知
摄取决定者	一般由医生决定(非处方药除外)	消费者
摄取量	一般由医生决定或按说明书，较严格	较随意(推荐量)
摄取时间	疾病状态时	亚健康状态时
毒性	几乎都有，程度不同	一般无毒
量效关系	严密	不太严密
制品规格	严密	不太严密

(三)保健(功能)食品的界定与分类

1. 保健(功能)食品的界定

根据我国现行的食品管理体制，可将食品分为一般食品和保健食品两类。这一分类方法基本与国际接轨。保健食品指第二代保健食品、第三代保健食品和营养素补充剂；一般食品包括普通食品、特殊营养食品及新资源食品。具体界定办法如下。

特殊营养食品指通过改变食品中营养素的成分和含量比例，以适应某些特殊人群营养需要的食品。它包括婴幼儿食品、营养强化食品、调整营养素食品(低糖食品、低钠食品、低谷蛋白食品)等。



新资源食品指新研制、新发现、新引进的无食用习惯或仅在个别地区有食用习惯,符合食品基本要求的物品。以食品新资源生产的食品为新资源食品。至1997年底批准正式生产的新资源食品30个、试生产285个。自保健食品管理办法实施以来,一部分新资源食品经过保健功能检测后,已申报批准为保健食品。

营养素补充剂是指单纯以一种或数种经化学合成或从天然动植物中提取的营养素为原料加工制成的食品。至2002年底,已批准的营养素补充剂达438个。它们与特殊营养食品的差异是:①不一定要求以食品作载体。②补充的营养素是其每日营养素参考摄入量(RNI或AI)的1/3~2/3,其中水溶性维生素可达RNI或AI。营养素补充剂虽然没有确定的保健功能,但至今仍被纳入保健食品管理。为了加强对营养素补充剂的管理,目前已明确,我国的营养素补充剂仅局限在补充维生素和矿物质,不得以提供能量为目的。以膳食纤维、蛋白质和氨基酸等营养素为原料的产品,符合普通食品要求的,按普通食品管理,不得声称其保健功能。如声称具有保健功能的,按保健食品有关规定管理。营养素补充剂所加入的营养素即每日推荐摄入量,应在"营养素补充剂中营养素名称及用量表"规定的范围内。

第二、第三代保健食品是真正意义上的保健食品。它们以声称具有保健功能而区别于一般食品。

2. 保健(功能)食品的分类

由于保健食品的原料和功能因子(functional factor)多种多样,对人体生理机能的调节作用及产品的生产工艺、产品形态也各不相同,因此,市场上功能性食品琳琅满目,种类繁多。功能性食品的分类有多种方法。

(1)按所选用原料可分为植物类、动物类和微生物(益生菌)类功能性食品。目前可选用的原料种类主要在卫生部先后公布的"既是食品又是药品"物质的名录和"允许在保健食品中添加的物品"以及"益生菌保健食品用菌名单"中选择。

(2)按功能性因子的种类可分为多糖类、功能性甜味料类、功能性油脂及自由基清除剂类、维生素类、肽与蛋白质类、益生菌类、微量元素类以及其他(如二十八烷醇、植物甾醇、皂苷)类功能性食品。

(3)按调节人体机能的作用,可分为增强免疫力食品、辅助降血脂食品、辅助降血糖食品、抗氧化食品等27种,具体内容见表11—3。

(4)按产品的形态,可分为饮料类、口服液类、酒类、冲剂类、片剂类、胶囊类和微胶囊类功能性食品等。

二、保健食品的原料

可以用作保健食品原料的物质包括已知化学组成与结构、对人体的生理代谢起调节作用的功效成分物质(功能因子)以及含有这些成分的植物类、动物类和微生物(益生菌)类天然食物资源。我国目前可选用的原料种类主要在卫生部先后公布的以下几个物质名单中选择。

(一)卫生部公布的87种既是食品又是药品的物品名单(按笔画顺序排列)

丁香、八角茴香、刀豆、小茴香、小蓟、山药、山楂、马齿苋、乌梢蛇、乌梅、木瓜、火麻仁、代代花、玉竹、甘草、白芷、白果、白扁豆、白扁豆花、龙眼肉(桂圆)、决明子、百合、肉豆蔻、肉桂、余甘

子、佛手、杏仁(甜、苦)、沙棘、牡蛎、芡实、花椒、赤小豆、阿胶、鸡内金、麦芽、昆布、枣(大枣、酸枣、黑枣)、罗汉果、郁李仁、金银花、青果、鱼腥草、姜(生姜、干姜)、枳(椇)子、枸杞子、栀子、砂仁、胖大海、茯苓、香橼、香薷、桃仁、桑叶、桑椹、橘红、桔梗、益智仁、荷叶、莱菔子、莲子、高良姜、淡竹叶、淡豆豉、菊花、菊苣、黄芥子、黄精、紫苏、紫苏籽、葛根、黑芝麻、黑胡椒、槐米、槐花、蒲公英、蜂蜜、榧子、酸枣仁、鲜白茅根、鲜芦根、蝮蛇、橘皮、薄荷、薏苡仁、薤白、覆盆子、藿香。

(二)卫生部公布的114种可用于保健食品的物品名单(按笔画顺序排列)

人参、人参叶、人参果、三七、土茯苓、大蓟、女贞子、山茱萸、川牛膝、川贝母、川芎、马鹿胎、马鹿茸、马鹿骨、丹参、五加皮、五味子、升麻、天门冬、天麻、太子参、巴戟天、木香、木贼、牛蒡子、牛蒡根、车前子、车前草、北沙参、贝母、玄参、生地黄、生何首乌、白芨、白术、白芍、白豆蔻、石决明、石斛(需提供可使用证明)、地骨皮、当归、竹茹、红花、红景天、西洋参、吴茱萸、怀牛膝、杜仲、杜仲叶、沙苑子、牡丹皮、芦荟、苍术、补骨脂、诃子、赤芍、远志、麦门冬、龟甲、佩兰、侧柏叶、制大黄、制何首乌、刺五加、刺玫果、泽兰、泽泻、玫瑰花、玫瑰茄、知母、罗布麻、苦丁茶、金荞麦、金樱子、青皮、厚朴、厚朴花、姜黄、枳壳、枳实、柏子仁、珍珠、绞股蓝、胡芦巴、茜草、荜茇、韭菜籽、首乌藤、香附、骨碎补、党参、桑白皮、桑枝、浙贝母、益母草、积雪草、淫羊藿、菟丝子、野菊花、银杏叶、黄芪、湖北贝母、番泻叶、蛤蚧、越橘、槐实、蒲黄、蒺藜、蜂胶、酸角、墨旱莲、熟大黄、熟地黄、鳖甲。

(三)卫生部公布的可用于保健食品的真菌菌种名单

酿酒酵母	*Saccharomyces cerevisiae*
产朊假丝酵母	*Cadida utilis*
乳酸克鲁维酵母	*Kluyveromyces lactis*
卡氏酵母	*Saccharom yces carlsbergensis*
蝙蝠蛾拟青霉	*Paecilomyces hepiali* Chen et Dai , sp. Nov v
蝙蝠蛾被毛孢	*Hirsutella hepiali* Chen et Shen
灵芝	*Ganoderma lucidum*
紫芝	*Ganoderma sinensis*
松杉灵芝	*Ganoderrna tsugae*
红曲霉	*Monacus anka*
紫红曲霉	*Monacus purpureus*

(四)卫生部公布的可用于保健食品的益生菌菌种名单

两歧双歧杆菌	*Bifidobacterium bifidum*
婴儿双歧杆菌	*B. infantis*
长双歧杆菌	*B. longum*
短双歧杆菌	*B. breve*
青春双歧杆菌	*B. adolescentis*
保加利亚乳杆菌	*Lactobacillus bulgaricus*
嗜酸乳杆菌	*L. acidophilus*

干酪乳杆菌干酪亚种　　　　*L. casei subsp casei*

嗜热链球菌　　　　　　　　*Streptococcus thermophilus*

以上物品所含功效成分有的已比较明确，并有可靠的检测方法，而有的研究还刚起步，有的作为中草药还有一定的毒副作用，有的具有明显的苦味或异味，如作为保健食品原料资源使用应进行认真筛选，科学地进行使用。在具体操作上，大致有以下几点值得注意。

一是有明确毒副作用的药物不宜作为开发保健食品的原料。目前卫生部已公布了59种保健食品禁用的物品名单(表11—2)，它们大多数是具有较大毒性的中草药资源。对于可用于保健食品的114种中草药原料，一个产品中也限制了使用数目，即不能超过4种。在名单外的物品，如作为保健食品的原料，要按食品新资源对待，必须单独进行食品安全性毒理学评价，而且一个产品中不得超过1种。二是经中药管理部门批准的中成药或已受国家保护的中药配方不能用来开发为保健食品。三是保健食品的原料如系中药，其用量应控制在临床用量的1/2以下。

表11—2　卫生部公布的59种保健食品禁用物品名单

59种保健食品禁用物品名单(按笔画顺序排列)
八角莲、八里麻、千金子、土青木香、山莨菪、川乌、广防己、马桑叶、马钱子、六角莲、天仙子、巴豆、水银、长春花、甘遂、生天南星、生半夏、生白附子、生狼毒、白降丹、石蒜、关木通、农吉痢、夹竹桃、朱砂、米壳(罂粟壳)、红升丹、红豆杉、红茴香、红粉、羊角拗、羊踯躅、丽江山慈姑、京大戟、昆明山海棠、河豚、闹羊花、青娘虫、鱼藤、洋地黄、洋金花、牵牛子、砒石(白砒、红砒、砒霜)、草乌、香加皮(杠柳皮)、骆驼蓬、鬼臼、莽草、铁棒槌、铃兰、雪上一枝蒿、黄花夹竹桃、斑蝥、硫磺、雄黄、雷公藤、颠茄、藜芦、蟾酥

三、保健食品的功能与评价

(一)保健(功能)食品的功能分类

根据《保健食品检验与评价技术规范》(中华人民共和国卫生部，2003年版)规定，保健食品的功能种类包括：

①增强免疫力功能。

②辅助降脂功能。

③辅助降糖功能。

④抗氧化功能。

⑤辅助改善记忆力功能。

⑥缓解视疲劳功能。

⑦促进排铅功能。

⑧清咽功能。

⑨辅助降血压功能。

⑩改善睡眠功能。

⑪促进泌乳功能。

⑫缓解体力疲劳。
⑬提高缺氧耐受力功能。
⑭对辐射危害有辅助保护功能。
⑮减肥功能。
⑯改善生长发育功能。
⑰增加骨密度功能。
⑱改善营养性贫血功能。
⑲对化学肝损伤有辅助保护功能。
⑳祛痤疮功能。
㉑祛黄褐斑功能。
㉒改善皮肤水分功能。
㉓改善皮肤油分功能。
㉔调节肠道菌群功能。
㉕促进消化功能。
㉖通便功能。
㉗对胃黏膜损伤有辅助保护作用。

（二）保健食品评价

保健食品评价既包括安全性评价，又包括保健功能评价，保健食品在进行功能学评价之前，先要进行安全性毒理学评价。

（1）毒理学评价

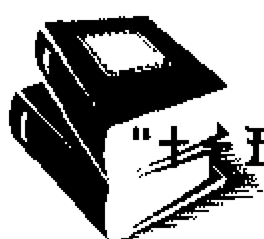
毒理学评价（toxicological evaluation）是对保健食品进行功能学评价的前提。保健食品或其功效成分，首先必须保证食用安全性，原则上必须完成卫生部《食品安全性毒理学评价程序和方法》中规定的第一、二阶段的毒理学试验，必要时需进行更深入的毒理学试验。但以普通食品原料和（或）药食两用物品（我国卫生部公布的既是食品，又是药品的原料资源）为原料的保健食品，可以不进行毒理学试验。

毒理学评价共有四个阶段。凡属我国创新的物质，一般要求进行四个阶段的试验，特别是对其中化学结构提示有慢性毒性、遗传毒性、致癌性的，或产量大、使用范围广的，必须进行四个阶段的试验。凡属与已知物质（指经过安全性评价并允许使用）化学结构基本相同的衍生物或类似物，根据第一至三阶段的毒性试验结果，判断是否需进行第四阶段的试验。凡属已知的化学物质且 WHO 已公布 ADI 的，同时又有资料表明，我国产品的质量和国外产品一致的，可先进行第一、二阶段试验。若试验结果与国外产品的结果一致，一般不要求进行进一步的试验，否则应进行第三阶段的试验。

对于保健食品的功效成分，凡毒理学资料比较完整，且 WHO 已公布或不需规定 ADI 值的，要求进行急性毒性试验和一项致突变试验，首选 Ames 试验或小鼠骨髓微核试验。

凡有一个国际组织或国家批准使用，但 WHO 未公布 ADI 或资料不完整的，在进行第一、二阶段试验后做初步评价，决定是否需进行进一步的试验。

对于高纯度的添加剂和由天然植物制取的单一成分，凡属新品种的需先进行第一、二、三阶段的试验。凡属国外已批准使用的，则进行第一、二阶段试验。



对于食品新资源,原则上应进行第一、二、三阶段试验,以及必要的流行病学调查,必要时进行第四阶段试验。若根据有关文献和成分分析,未发现有或虽有但含量很少不至于对健康造成危害的物质,以及经较多人群长期食用而未发现有危害的天然物、植物,可以先进行第一、二阶段试验,初步评价后决定是否需进一步的试验。

(2)功能学评价

功能学评价(function evaluation)是对保健食品的功能进行动物或(和)人体试验加以评价确认。保健食品所宣称的生理功效必须是明确而肯定的,且经得起科学方法的验证并具有重现性。1996年由卫生部主持制定了《保健食品功能学评价程序和方法》(以下简称《方法》),规定了十二种保健功能的统一评价程序、检验方法及结果判定。2003年4月卫生部发布了《保健食品检验与评价技术规范》的新标准,将卫生部受理的保健功能扩展至27项。总的说来,这一新规范提高了保健食品功能评价的标准,不仅人体试食试验从原来的11项增至20项,而且动物实验的判定标准也有所提高。该标准对保健食品功能评价的基本要求如下。

①对受试样品的要求:提供受试物样品原料组成和尽可能提供受试样品理化性质。受试样品必须是规格化定型产品,即符合既定配方、生产工艺及质量标准。提供受试样品安全性毒理评价资料及卫生学检验报告。提供功能成分或特征成分、营养成分名称、含量。如需要,提供违禁药物检测报告。

②对实验动物的要求:常用大鼠、小鼠,品系不限,推荐使用近交系。小鼠每组10~15只,大鼠每组8~12只(单一性别)。动物应符合国家对实验动物有关规定。

③对受试样品剂量及时间的要求:各种动物实验至少应设3个剂量组,另设阴性对照组,必要时可设阳性对照组或空白对照组。剂量选择合理,即尽可能找出最低有效剂量。其中一个剂量应相当于人体推荐量的5倍(大鼠)或10倍(小鼠),且最高剂量不得超过人体推荐量30倍。受试样品实验建立在毒理学评价安全之后。给受试物一般30d,当给予时间达30d而实验结果仍为阴性,则可终止实验。

四、保健食品管理的行政法规

为了促进我国保健食品产业的健康发展,保障人民身体健康,自20世纪90年代中期以来,我国卫生部先后出台了一系列有关保健食品的法律、法规和技术标准,使我国保健食品走向法制化管理的轨道。

1996年3月15日,卫生部第46号令发布《保健食品管理办法》(1996年6月1日起实施),明确了保健食品的定义、要求、审批程序、生产经营、标签与标志、说明书、广告、监督管理与处罚等规定。

1996年4月17日卫监发(1996)第24号文《关于认真贯彻〈保健食品管理办法〉的通知》决定,分两阶段全面清理整顿全国保健食品市场。

1996年7月18日卫监发(1996)第38号文发布《保健食品功能学评价程序和检验方法》,规定了12类保健功能,即免疫调节、延缓衰老、改善记忆、促进生长发育、抗疲劳、减肥、耐缺氧、抗辐射、抗突变、抑制肿瘤、调节血脂和改善性功能的评价程序与检验方法。同时发布的还有《保健食品评审技术规程》、《保健食品通用卫生要求》和《保健食品标识规定》。

1997年2月28日《保健(功能)食品通用标准》(GB 16740—1997)发布(1997年5月1日起实施),规定了保健(功能)食品的定义、功效成分、基本原则与技术要求、试验方法、标签等

内容。

1997年6月8日卫监发(1997)第38号文《关于保健食品管理中若干问题的通知》,新增12项保健功能,即调节血糖、改善胃肠道功能、改善睡眠、改善营养性贫血、对化学性肝损伤有保护作用、促进泌乳、美容、改善视力、促进排铅、清咽润喉、调节血压、改善骨质疏松。文件增加"营养素补充剂"作为保健食品管理,同时不受理以有毒药材作为原料者或受国家中药保护或已获国家药政管理部门批准的中成药(方),不提倡以酒作为保健食品的载体,保健酒应严格控制酒精的推荐摄入量。其他包括:进一步完善申报保健食品的技术要求;检验单位的资格;人体试验如需医院配合必须为三甲医院,并共同出具报告;稳定性试验应包括功效成分、特征指标、质量指标、卫生学指标。重申了产品标签和说明书的内容和要求。进一步完善初审工作。关于进口保健食品转境内生产的要求。

1997~1998年还连续发布了《关于发布生产组合式保健食品规定的通知》、《关于1998年全国保健食品市场整顿工作安排的通知》、《关于发布〈保健食品功能学评价程序和检验方法〉修订项目的通知》,并重新公布了既是食品又是药品名单及作为普通食品管理的食品新资源名单。

2003年4月卫生部发布了《保健食品检验与评价技术规范》的新标准,将卫生部受理的保健功能扩展至27项。

自2005年7月1日起,由国家食品药品监督管理局(SFDA)制订并公布的新《保健食品注册管理办法》(以下简称新法)开始施行,凡不符合本办法规定的,自本办法施行之日起停止执行。与"老办法"相比,保健食品的新法有10大变化:

①保健食品审批权从卫生部转移到国家食品药品监督管理局(SFDA),检验程序更严格,进入门槛提高。

②保健食品生产企业必须通过GMP。新法第二十六条规定:申请注册保健食品所需的样品,应当在符合《保健食品良好生产规范》的车间生产,其加工过程必须符合保健食品良好生产规范的要求。

③注册申请主体放开,公民个人有望申请。原来办法虽然没有明文规定个人不准申请,但实际上是不允许公民个人申报注册的。新法第七条:保健食品注册申请人境内申请人应当是在中国境内合法登记的公民、法人或者其他组织。这对掌握某些保健食品独特配方的人员将是一个好消息,他们可以以自然人申请注册后进行转让,但受让方必须是保健食品GMP认证企业。而对境外申请人,这一点并未放开,明确要求"应当是境外合法的保健食品生产厂商",境外个人申报肯定不被允许。

④保健食品功能放开27种以外功能也可申报。新法第二十条规定:拟申请的功能不在公布范围内的,申请人还应当自行进行动物试验和人体试食试验,向认定的检验机构提供功能研发报告功能研发报告主要包括功能名称、申请理由、功能学评价方法及检验结果等内容。原来保健食品可以申报的功能只囿于27种,其中21项需要做人体实验。功能限制实际成为制约保健食品行业发展的一个重要因素。

⑤保健食品评审周期由一个季度缩至70天。新法第二十八条规定:国家食品药品监督管理局收到省、自治区、直辖市食品药品监督管理部门报送的审查意见、申报资料和样品后,对符合要求的,应当在70日内组织食品、营养、医学、药学和其他技术人员对申报资料进行审查,并作出审查决定。准予注册的,向申请人发给《国产保健食品批准证书》。此前保健品专家的评

审为每季度一次。

⑥打破保健食品终身制,建立再注册与退出机制。新法第八十一条规定:保健食品批准证书的有效期为5年。有效期届满,需要延长有效期的,申请人应当在有效期届满3个月前申请再注册。由于原来国家在保健食品管理方面没有建立退出机制,除非严重违法遭撤销,保健食品实际上是"只进不出"。在已批准的6000多个国产保健食品中,现在市场上销售的仅有1000个左右,大量的产品其实是"休眠产品"。这实际上是建立了保健食品的退出和淘汰机制。这一机制的建立,将有可能使大批"休眠产品"彻底"死掉"。

⑦原"卫食健字"面临淘汰,将转为"国食健字"。新法第九十五条规定:保健食品注册所依据的法律、法规、规章修改或者废止,或者准予保健食品注册的客观情况发生重大变化的,为了公共食用安全的需要,国家食品药品监督管理局可以依法变更或者撤回已经生效的保健食品批准证明文件。

⑧同一产品申请不同剂型可免除相关试验。新法附件规定:同一申请人申请同一个产品的不同剂型的注册,如果其中的一个剂型已经按照规定进行了全部检验,并且检验机构已经出具了检验报告,其他剂型的注册可以免除功能学和安全性毒理学试验,但必须提供已经进行过的功能学和安全性毒理学试验检验报告的复印件。

⑨保健品使用原料总数限制将取消。新法对保健食品的原料的规定基本沿用了之前管理办法的规定,即除了食物成分(食物成分表所公布成分)、食物新资源、食品添加剂外,还有卫生部曾专门规定的"既是食品又是药品名单"的87种,以及"可用于保健食品的物品"114种。"不可用于保健食品的原料"59种的规定也依然有效。但新办法最大的不同,就在于不再限定原料总数。卫生部法监司2002年第51号文件规定:保健食品中含有动植物物品(或原料)的,动植物物品(或原料)总数不得超过14个。新法则没有对原料总数方面的规定。

⑩两级评审制度有望恢复。新法第五条规定:省、自治区、直辖市食品药品监督管理部门受国家食品药品监督管理局委托,负责国产保健食品注册申报资料的形式审查和受理。

五、保健食品的审批程序与技术要求

(一)保健食品的基本要求

根据我国《保健食品管理办法》的规定,保健食品必须符合以下要求:

(1)动物、人体试验证明有明确、稳定的保健作用。

(2)各种原料及产品必须符合有关食品卫生要求,应保证对人体不产生任何急性、亚急性或慢性危害。

(3)配方组成及用量应有科学依据,有明确的功效成分(原料)。

(4)标签、说明书及广告等不得宣传其疗效作用。

(二)保健食品的申报和审批

1.国内保健食品

由研制或生产者向其所在省、自治区、直辖市食品药品监督管理部门提出申请,填写《保健食品申请表》,并提交以下资料:①产品的命名说明,配方及配方依据,生产工艺和质量标准。

②安全性毒理学评价报告。③保健功能评价报告。④功效成分(或主要功效原料)及其定量/定性检验方法,稳定性试验报告。⑤质量指针、卫生学指针检验及稳定性试验报告。⑥产品的样品、标签及说明书。⑦国内外有关资料和特殊产品应提交的其他材料。评审应先由省、自治区、直辖市食品药品监督管理部门受国家食品药品监督管理局委托,负责国产保健食品注册申报资料的形式审查和受理,通过后上报国家食品药品监督管理局(SFDA)。SFDA保健食品评审委员会评审通过后颁发《保健食品批准证书》。

2. 进口保健食品

由进口商或代理人向国家食品药品监督管理局(SFDA)提出申请,填写《进口保健食品申请表》,除提交上述材料外,还应提供生产国(地区)官方卫生机构出具的允许生产和销售的证明文件、委托书等。评审通过后由SFDA批准颁发《进口保健食品批准证书》。

六、我国保健食品未来发展趋势

(一)保健食品市场容量继续扩大

健康成为21世纪人类的第一追求,功能性食品产业将成为我国新的经济增长点。在未来相当一段时期内,中国经济仍然会保持一个较高的增长速度。经济增长必然带来消费需求的增长。随着中国经济增长和人们收入水平的提高,消费品市场容量将继续扩大。

(二)消费心理和消费行为趋向理性化

经过20年的发展历程,我国消费者对保健食品的消费心理和消费行为将逐渐趋向理性化。长期以来,我国保健食品消费市场一直受到广告宣传和从众心理的支配。广告和从众心理在一定程度上促进了保健食品市场的短期繁荣,但是,从长远角度看,这种消费心理和消费行为是不利于保健食品行业的健康发展的。经历了市场洗礼的消费者,对保健食品消费的心理和行为,将逐渐趋向理性化。消费者将更加重视保健食品的安全性,人们对保健食品功能的诉求将更加明确,包治百病的保健食品也将不再为人们所迷信。

(三)保健食品市场的竞争更加激烈

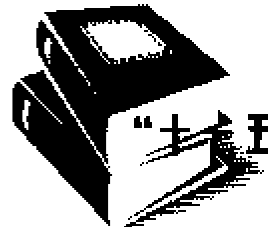
随着保健食品市场总体规模逐步扩大及国外保健食品企业的进入,保健食品市场竞争也将更加激烈。整体上看,国内保健食品企业的劣势在于技术研发能力弱,资金实力小;优势在于熟悉国内消费者的消费心理,有文化认同感,能够相对容易地开拓低端市场。国外企业相对而言,容易在高端市场和高收入水平人群市场中获得优势。

(四)传统养生理论和现代技术进一步融合

随着我国中医药研究技术的逐渐发展以及国际竞争压力的增大,我国保健食品业将逐渐沿着传统养生理论和现代技术融合的道路发展。传统的中医药文化是我国保健食品业取之不尽、用之不竭的技术源泉。用现代的生物和医药技术阐释传统养生理论的精妙内涵,发掘其有效成分,是中国保健食品自主创新和获得自主知识产权的独特道路。

(五)保健食品功能定位更加明确,市场更加细分

随着消费者消费心理和行为的理性化,那些功能定位更加明确的保健食品,将越来越被人



们青睐。老年人、儿童和青壮年等不同年龄人群,对养生、发育和健体的需要,显然有比较大的差别。保健食品企业必须根据消费者的特点,细分市场,明确自己的主攻方向和市场定位,集中力量研发和开拓市场,确立自己的核心竞争力和市场营销网络。

(六)国家对保健食品的行业监管政策更加严格

目前我国保健食品行业已进入法制化管理的轨道。在新的科学发展观指导下,以人为本的指导理念将贯彻在国家方方面面的行业管理政策中,保健食品行业作为与人民健康和生活息息相关的行业,国家的监管力度自然会更大。加强行业监管,提高行业进入的技术门槛,这不仅是规范我国保健食品行业市场的一个主要措施,也是促进我国保健食品行业企业提高技术水平、增强竞争力、应对国际竞争压力的有力手段。

第三节 工程食品

一、概述

所谓工程食品(engineering food),就是采用现代食品分离提纯技术从天然食物原料中获取有用的营养成分,再以这些营养成分为基础,按照不同营养需要和配方,适当添加一些其他的营养素如氨基酸(如赖氨酸等)、维生素、矿物盐类、膳食纤维等,将这些营养物质进行调配,再用一定的工程技术制成具有一定形状、结构和性能的新型食品,也可叫做人造食品(artificial food)或人造营养食品(artificial nutritional food)。工程食品有如下几个特点:

1. 工程食品营养素食量丰富,比例合理

因工程食品的基料多为食物原料提取物,原料所含营养素被大大浓缩。

2. 可以满足不同人群的需要

根据不同人群对营养素的需要,在调配时可以增减相应营养素的数量,制成不同类型的工程食品,满足不同的需要。

3. 有害物质含量少,安全卫生

工程食品在原料制备过程中,只利用天然原料的精华部分,去其糟粕,天然原料的有害物质,例如农药污染,经提纯加工后浓度大大降低,甚至完全被去掉。因此,工程食品的卫生安全性更高。

4. 风味品种繁多

工程食品的感官大为改观,口感、风味可随不同的配方和加工方法而不同,因而可以极大地丰富市场的花色品种。

但是,工程食品也有不可避免的缺点,主要是在加工过程中对一些生理活性成分的破坏,成本偏高等。

二、工程食品的研究与开发

工程食品是20世纪80年代发展起来的一种食品加工高新技术,由于能满足不同人群的营养需要而发展很快,尤其是其具有体积小、营养素含量高的特点,因此在一些特殊领域首先得到广泛应用,例如宇航员、飞行员、潜水员、远航人员、运动员等专用工程食品,可以较长时间

维持旺盛的精力。美国宇航员食用的人造菠萝是用水草、藻类、果胶、食用香精和食用色素而制成,几乎和天然菠萝一样的口感,而营养成分却比菠萝高出许多。目前国内外市场上销售的为普通大众食用的工程食品种类也不少,如利用大豆、小麦蛋白质混合、挤压、膨化制造而成的人造肉。一些餐饮业利用大豆蛋白质加工成各种肉类仿制食品,如素香肠、素火腿、溜鱼片、炸虾等,其外形逼真,味道鲜美,营养价值接近于鸡、鸭、鱼、肉,而成本却要低得多。还有一种蛋白质加工食品——人造瘦肉,是选用含蛋白质高的原料如大豆、花生、菜籽等榨油后的饼粕,经适当的方法处理后,将蛋白质挤压而制成,是一种高蛋白质低脂肪的蛋白食品。

作为采用高新食品工程技术加工的工程食品具有自身的优点,如所含营养素易于控制和调节,便于实现标准化、自动化、机械化,而且所生产的食物没有污染、无有害物质。但工程食品还有一些问题仍没有得到很好的解决,需要继续深入研究,一是工程食品的原料提取成本大,设备投资多,技术工艺复杂,有的还难于进行大规模生产;二是不同来源的加工原料如何能够协调地混合均匀并且具有良好的色、香、味;三是后续加工中如何能获得理想的组织结构和状态,如加工后的口感、耐煮性等,仍需继续完善和提高。随着工程技术的发展,这些问题将会逐一得到解决,工程食品必将具有更大的发展潜力。目前作为研发热点的工程食品包括低能量食品、低脂食品和仿生食品等。

1. 低能食品

所谓低能食品,是指通过有效调整产品配方,减少淀粉、蔗糖和脂肪等高能量成分的用量,合理使用低(无)能量填充剂、蔗糖替代品和脂肪替代品,经食品工程技术加工而成的低能值的工程食品。目前国内外已开发出的低能食品种类很多,如高纤维面包、低能量蛋糕、低能量饼干、高纤维挂面等低能量谷物食品;低能量酸奶、低能量冰淇淋等低能量乳制品;此外还有低能量饮料、低能量糖果、低能量巧克力等。

在美国,对低能量食品及相关产品的要求是很严格的,2 个常用名词的定义为:①减能量食品(reduced calorie food),其能量值要求比相对应的产品减少 1/3。②低能量食品(low - calorie food):要求该产品的能量密度低于 1.7kJ/g,且每份食品或饮料的能量不高于 167kJ。

低能量食品生产中遇到的一个最大困难是,通过减少蔗糖和油脂使用量的方法来降低产品的能量,会使制品的质构、风味、稠度及抗菌保存稳定性等发生明显的变化。虽然有时配合一些填充剂及脂肪替代品,可增加稠度、改良质构,但它们并不能再现全能量产品中蔗糖与油脂所具备的所有功能特性。去掉食品配料系统中的脂肪,会产生一些新的问题。在某些食品中,油脂相的存在,有助于提高产品对微生物的稳定性。增大产品中的水分含量,会导致水分活度的提高,这样污染微生物就易于生长。因此,用蛋白质和碳水化合物替代油脂,需对食品系统本身或食品包装作某些调整,以延长产品的货架寿命。上述问题是造成现有低能量食品难以被广泛接受的重要原因。因此,低能量食品的开发,前景广阔而任务艰巨。

2. 低脂食品

低脂食品,是指通过有效调整产品配方,减少高能量成分脂肪的用量,合理使用低(无)能量填充剂和脂肪替代品,经加工而成的低脂肪含量的工程食品。它是低能量食品的一个类型。目前国内外已开发出的低脂食品有低脂果仁、低脂奶油、低脂人造稀奶油、低脂奶粉等。

3. 仿生食品

所谓仿生食品,是指以天然食物资源为主要原料,利用食品工程手段,从形状、风味、营养上模拟天然食品加工制成的一类工程食品。仿生食品的最大特点是可以进行营养配比,制成



为原料营养更合理、风味更佳的新食品。目前国内已开发出的仿生食品有以模拟蟹钳、模拟蟹肉、模拟虾为代表的海洋仿生食品以及无胆固醇的植物性仿生香肠、仿生牛肉干等。

思考题与习题

1. 食品营养素强化和食品营养强化剂的概念是什么?
2. 食品的营养素强化有哪些意义和作用?
3. 试述食品营养强化的基本原则。
4. 试述食品营养素强化的主要技术。
5. 强化食品有哪些主要种类?
6. 保健食品的概念是什么? 如何对保健食品进行分类?
7. 保健食品的原料有哪些?
8. 保健食品的功能主要有哪些?
9. 试述保健食品的审批程序与技术要求。
10. 工程食品的概念是什么?

第十二章　膳食营养与健康

学习目的与要求

1. 掌握内容：营养素与免疫的关系；膳食各种营养素与动脉粥样硬化的关系；原发性高血压的营养防治；糖尿病的营养防治；肥胖的定义和诊断；恶性肿瘤的营养防治；分子营养学的定义；营养素对基因表达的调控。

2. 熟悉内容：机体的免疫系统组成及其主要功能；血浆中的脂类、脂蛋白及高脂血症和高脂蛋白血症；营养因素对原发性高血压的影响；营养因素对糖尿病的影响；肥胖的发生机制、影响因素及分类；食物中抗癌因素；营养素与基因相互作用在疾病发生中的作用。

3. 了解内容：增强免疫功能食品；动脉粥样硬化的营养防治原则；原发性高血压的概念；糖尿病的流行病学、诊断和分型；肥胖的流行病学、预防和治疗；食物中存在的致癌物和常见的营养相关性癌症；基因多态性对营养素吸收、代谢和利用的影响。

第一节　营养与免疫

一、人体免疫系统

现代免疫理论告诉我们，机体的免疫（immunity）是指机体接触"抗原性异物"或"异己成分"的一种特异性生理反应，它是机体为了保护自身而获得的"识别自身、排斥异己"的一种重要生理功能。

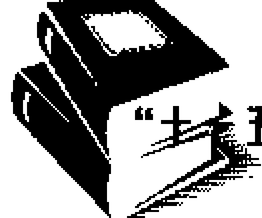
（一）免疫的基本概念

1. 抗原（antigen）

"识别自身、排斥异己"的"异己"分子为抗原。当抗原物质进入机体后，如引发机体产生相应的免疫物质，该物质就是抗体，并与该抗原特异性相结合而引发免疫反应。因此，根据对抗原和免疫应答的研究，20 世纪 80 年代对抗原下的定义为：抗原是指能与相应淋巴细胞上独特的抗原受体特异性结合，诱导（活化或抑制）淋巴细胞产生免疫应答的物质，这类物质可以是细菌、病毒、寄生虫、异体细胞和药物等。

2. 抗体（antibody）

在 19 世纪末，微生物学家发现当宿主感染细菌后，其血清中会产生一种防御性成分。当时，针对宿主感染不同的微生物所产生的不同的防御性成分，分别命名为抗毒素、杀菌素、溶血素等。到 20 世纪 30 年代，人们发现这些防御性成分都具有类似的特性，故统一名命为抗体（antibody）。由于抗体的电泳图谱与 γ－球蛋白相似，因此，在相当长的一段时间内，人们都认



为抗体就是γ-球蛋白。但后来的实验发现结果并非如此。1968年和1972年WHO(世界卫生组织)与国际免疫学会联合会所属专门委员会先后决定,将具有抗体活性或化学结构与抗体相似的球蛋白统称为免疫球蛋白(immunoglobulin,Ig)。因此,抗体可以理解为能与相应抗原特异性结合的、具有免疫功能的球蛋白。

3. 免疫球蛋白的结构

免疫球蛋白按结构分为五类,即IgG,IgA,IgM,IgD和IgE,而各种Ig的基本分子结构相似(见图12—1)。它由一对较长的多肽链和一对较短的多肽链组成。前者称重链(heavy chain,H链),由440个氨基酸组成;后者称轻链(light chain,L链),含214个氨基酸。免疫球蛋白除含氨基酸外,还含有糖类(主要位于重链)。所以免疫球蛋白属糖蛋白类。免疫球蛋白的两条重链由二硫键相连,呈Y字形;两条轻链的羧基末端以二硫键与相对的重链相连,此四肽链组成一个免疫球蛋白的单体。

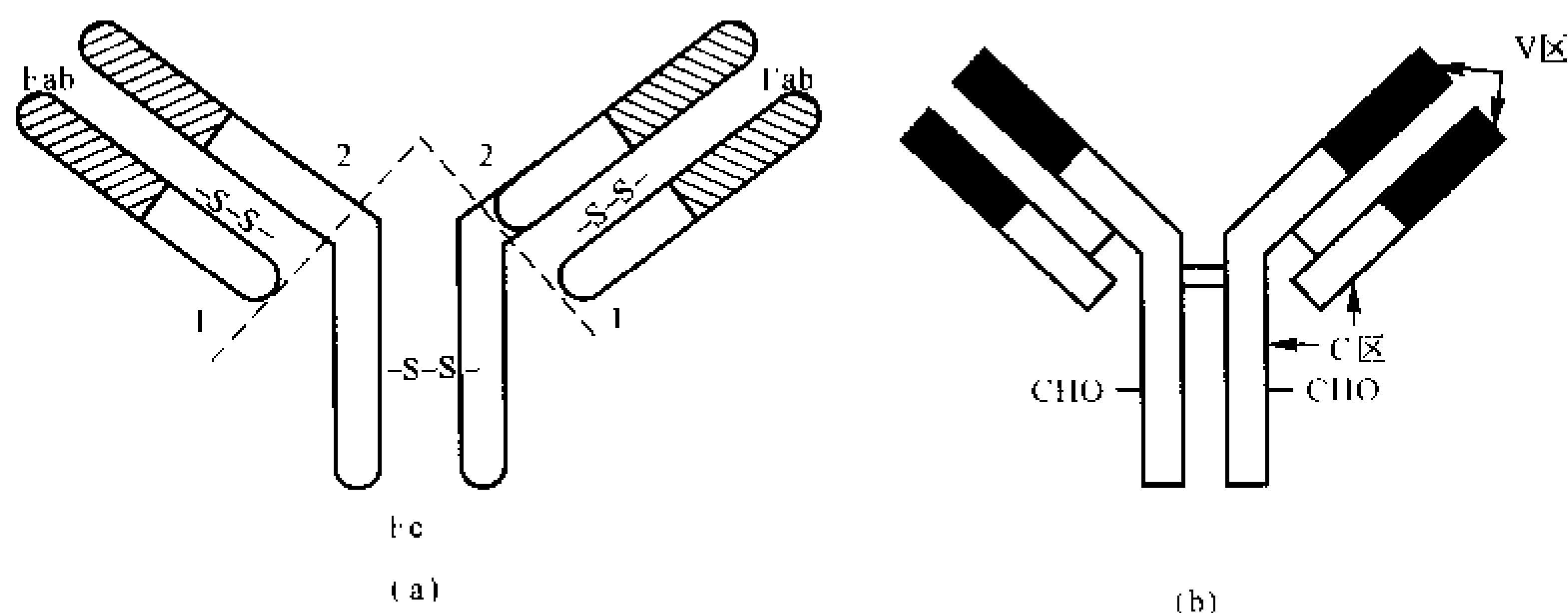


图12—1 免疫球蛋白的结构

各种免疫球蛋白的区别主要在于重链的一级结构有所不同。在多肽链的氨基端(N端),轻链的1/2和重链的1/4这两段的氨基酸排列顺序随机体的特异性不同而有所变化,因此称为可变区(variable region,V区),它赋予抗体以特异性。近羧基端(C端)轻链的其余1/2和重链3/4的氨基酸排列顺序和糖的含量比较稳定,因此称为恒定区(constant region,C区)。每一个免疫球蛋白的基本分子有2个N端,这是与抗原结合的部位。因而每一抗体蛋白的基本分子可结合两分子的抗原。用木瓜蛋白酶将免疫球蛋白的基本分子水解,在它的转折处断裂,得到两个相同的Fab段和一个Fc段。Fc段是免疫球蛋白结合于吞噬细胞和免疫细胞的部分。

4. 抗体的合成及其特性

抗体由浆细胞合成。在抗体合成过程中,必须要有抗原刺激和抗原递呈细胞(巨噬细胞)、T淋巴细胞、B淋巴细胞等免疫细胞相互作用。通过抗原的刺激,相应的B淋巴细胞被活化,继而增殖、分化,最后成为浆细胞并合成和分泌抗体。在五类Ig中,IgM和IgG以高浓度遍布全身,是全身性体液免疫反应的主要效应分子。

IgM是初次体液免疫反应早期阶段产生的主要Ig,占正常血清Ig量的10%左右,主要分布于血液中,抗全身感染的作用较强。IgM是五类Ig中相对分子质量最大者(IgG的5倍),它是

由5个Ig分子单体通过J链聚合而成,因此不能透过血管壁,主要存在于血液中。

IgG是再次体液免疫反应产生的主要Ig,在血清中含量最高,占血清Ig总量的75%～80%。由于IgG易透过毛细血管壁弥散到组织间隙中,所以,包括脑脊液在内的几乎所有身体组织及体液中,都有IgG的存在,因此IgG是机体最主要的发挥抗感染、中和毒素等免疫功能的抗体。IgG是惟一能通过胎盘的Ig,故对新生儿抗感染起重要作用。

IgA有血清型和分泌型两种类型。血清型IgA大多为单体,占血清Ig总量的10%～20%,具有一定的抗感染免疫作用。分泌型IgA(SIgA)广泛分布于黏膜表面及相应的分泌液中,由两个单体IgA通过一个连接链(J链)借助二硫键连接,再由黏膜细胞所产生的一个分泌片一起组成了完整的分泌型IgA(SIgA),见图12—2。SIgA主要分布于黏膜表面及相应部位的分泌液(如唾液、泪液、初乳以及呼吸道、消化道和泌尿生殖道分泌液)中,主要功能是阻止病原微生物对黏膜上皮细胞的黏附,具有抗菌、抗病毒和中和毒素等多种作用,因此是黏膜局部抗感染的重要免疫物质。

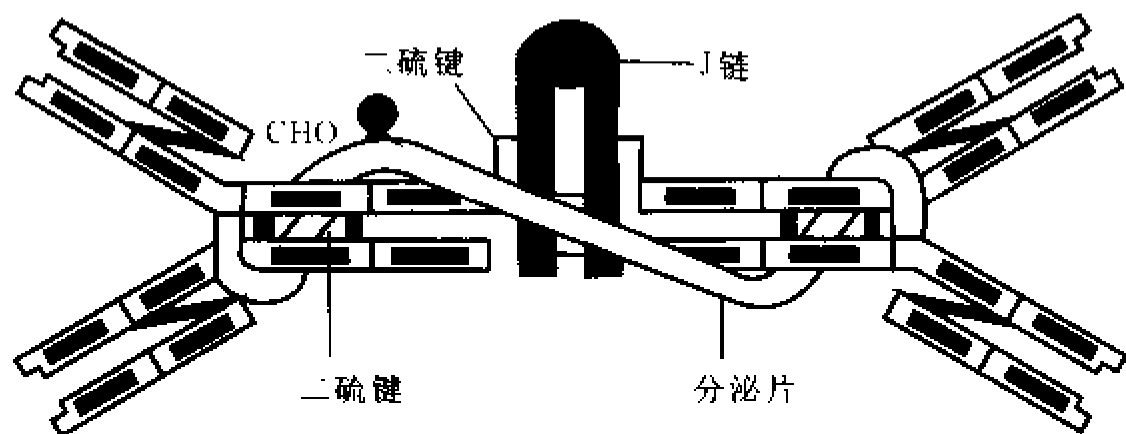


图12—2 分泌型IgA结构示意

IgD在血清中含量低,仅占血清Ig总量的1%,以单体形式存在,不能通过胎盘,其主要功能是构成成熟B细胞表面的重要标志,对B细胞的活化、增生和分化具有调节作用。

IgE在血清中含量极少,仅占血清Ig总量的0.002%,其功能与超敏反应有关。

5.补体

在19世纪末,人们发现在免疫溶血和免疫溶菌反应中,需要一种不耐热的血清因子辅助特异性抗体的溶细胞和溶菌作用。由于这种因子是抗体实现溶细胞作用的必要补充条件,故称该因子为补体(complement,C)。补体是人或动物体液中正常存在的一组与免疫有关的并具有酶活性的球蛋白,其主要功能包括:①补体的溶菌、杀菌及细胞毒作用;②补体的调理作用;③补体的免疫黏附作用;④补体的中和及溶解病毒作用膜;⑤补体的炎症介质作用。

(二)免疫系统

免疫系统有两大类,即特异性免疫系统和非特异性免疫。

特异性免疫系统的特点是具有识别自身物质和外来入侵物质,即识别"自己"与"非己"的能力。正常时机体对自身抗原产生负应答(即免疫耐受),以保护组织器官不受自身免疫系统的攻击。当免疫系统受抗原刺激后,未成熟的免疫细胞分化为对特异性抗原有应答能力的特异性细胞,这些特异性免疫细胞表面具有能识别特异性抗原(靶细胞)并与之发生反应的受体



结构。一些被称为记忆细胞的特异性免疫细胞在与外来抗原发生反应,其记忆能力更为增强,当再次接触同一种抗原时。其免疫应答会更加迅速有效。

非特异性免疫是与生俱来的,包括生理屏障,如完整的皮肤和黏膜的阻挡作用,呼吸道黏膜分泌物和纤毛的诱捕和消除,胃酸杀灭微生物,鼻腔分泌物和唾液中的黏多糖灭活某些病毒、眼泪中的溶菌酶可破坏细菌,皮脂腺分泌物和汗液中的脂肪酸可杀灭细菌;组织和体液的杀菌作用,如溶菌酶和碱性多肽可溶解杀灭细菌;吞噬作用和炎症反应,如多形核白细胞和巨噬细胞能吞噬降解消灭细菌;补体系统及其分解产物对病原微生物的破坏杀灭作用等。

特异性免疫系统由三部分组成,即免疫器官、免疫细胞和免疫分子。

免疫器官按其在免疫中所起的作用不同可分为中枢性免疫器官和外周性免疫器官两大类。

1. 中枢免疫器官

人类的中枢免疫器官包括骨髓、胸腺。胸腺是T细胞分化成熟的场所。骨髓中的前T细胞经血流进入胸腺,在胸腺分泌的胸腺激素和胸腺生成素的作用下成为成熟的T细胞。骨髓是各种细胞如红细胞、白细胞、单核细胞、巨噬细胞以及淋巴细胞的发源地和分化成熟的场所。部分淋巴细胞在骨髓微环境的作用下成熟为B淋巴细胞。

2. 外周免疫器官

外周免疫器官包括脾和淋巴结。脾是人体最大的免疫器官,脾内除含有大量的T细胞和B细胞外,还含有浆细胞。脾具有与淋巴结相似的功能。此外,脾具有清除自身衰老的血细胞和免疫复合物的功能。淋巴结是淋巴细胞定居和增殖的场所,是免疫应答发生的场所。淋巴结分布全身,其中在颈部两侧、腋下、腹股沟以及消化道等处集结得最大。淋巴结中包涵有淋巴细胞、树突状细胞、网状细胞、浆细胞和巨噬细胞等。

3. 免疫细胞

凡参与免疫应答或与免疫应答有关的细胞统称为免疫细胞(immunocyte),包括淋巴细胞、单核细胞、粒细胞、肥大细胞及辅佐细胞等。其中,在免疫应答过程中起核心作用的是淋巴细胞。淋巴细胞除T细胞和B细胞外,还有K细胞、NK细胞、N细胞和D细胞等。

杀伤细胞(killer cell,K细胞)和自然杀伤细胞(natural killer cell,NK细胞)在机体系统中具有极其重要的作用。K细胞只能杀伤被IgG覆盖的靶细胞。当IgG与靶细胞的表面抗原结合后,IgG分子的Fc段可与K细胞表面的Fc受体结合,触发K细胞的杀伤作用。

NK细胞不需抗体的存在,也不需要经抗原致敏,即可杀伤某些肿瘤细胞或病毒感染的细胞。NK细胞在体内分布较广,主要存在于外周血液、脾脏、淋巴结和骨髓中,胸腺中没有发现NK细胞。无胸腺的裸鼠(出生后即摘除胸腺)肿瘤的自然发生率并不高于正常小鼠。因此,NK细胞的主要功能可能是免疫监视。

4. 免疫分子

参与免疫反应的分子,包括抗原、抗体、补体、淋巴因子、干扰素等等。

二、营养素与免疫

20世纪60年代,科学家已发现营养不良与感染密切相关,尤其是免疫系统。营养不良人群对感染的敏感性和病死率都会增加已是不争的事实。合理营养是维持正常免疫功能必不可少的条件,当机体某些营养素缺乏时,尽管其生理功能及生化指标没有发现异常,但免疫功能

已表现出各种异常变化，包括免疫器官的形态结构改变，免疫活性细胞的数量、分布、功能的改变。以下简述常见营养素对免疫功能的影响。

（一）蛋白质与免疫功能

蛋白质是维持机体免疫系统的物质基础，皮肤、黏膜、骨髓、胸腺、脾脏等组织器官，各种免疫细胞、血清中的抗体和补体等，都主要由蛋白质参与构成，蛋白质的质和量对免疫功能均有影响。质量低劣的蛋白质使机体免疫功能下降，必需氨基酸不足、过剩或氨基酸不平衡都会引起免疫功能异常。蛋白质缺乏对免疫系统的影响非常显著，在这些影响中，脾脏和淋巴结重量减轻最明显。给蛋白质缺乏的儿童注射疫苗，其抗体生成受到影响，补充蛋白质后相应抗体生成量明显上升。蛋白质营养不良时，上皮及黏膜组织分泌液中 SIgA 显著减少，溶菌酶水平下降，使其组织抵抗力降低，甚至可导致感染扩散。

大多数氨基酸的缺乏均对机体免疫功能产生不良影响。异亮氨酸和缬氨酸缺乏使胸腺和外周淋巴组织功能受损；蛋氨酸和半胱氨酸缺乏使胸腺、淋巴结和脾脏的淋巴细胞的生成障碍；色氨酸缺乏的大鼠 IgG 和 IgM 受到抑制，重新摄入色氨酸饲料可以恢复这两种 Ig 的数量和功能。研究发现，大剂量天门冬氨酸可改善恶性肿瘤等病情；精氨酸促进 T 淋巴细胞增殖与成熟，具有加强巨噬细胞和 NK 细胞对肿瘤的溶解作用等；谷氨酰胺是淋巴细胞和吞噬细胞的主要能源物质之一，它能改善肠道的免疫功能，其作用类似于免疫调节剂，有助于肿瘤患者机体的正常结构和功能。临床上肠内营养液中供给的谷氨酰胺能促进小肠上皮增生，防止肠黏膜萎缩，使肠内分泌型 IgA（SIgA）合成增加，增强肠黏膜的屏障作用。

（二）脂肪酸与免疫

膳食脂肪具有调节机体免疫功能的作用，研究的关注点在多不饱和脂肪酸方面。

一定量的必需脂肪酸对维持正常免疫功能是必要的。必需脂肪酸缺乏，会导致淋巴器官萎缩，血清抗体降低。多不饱和脂肪酸与正常的体液免疫反应密切相关，膳食中缺乏多不饱和脂肪酸，尤其是缺乏必需脂肪酸，会引起体液免疫反应下降。但有研究表明，多不饱和脂肪酸过量则会抑制细胞免疫反应。

此外，膳食脂肪也能影响非特异性免疫功能。例如，静脉滴注甲基软脂酸明显抑制单核—巨噬细胞系统的吞噬细胞活性，生理浓度的饱和脂肪酸和高浓度不饱和脂肪酸能抑制中性白细胞的趋化活性和吞噬作用。因此，脂肪对免疫功能的影响，既要注重其量，也要注意脂肪酸的构成。

（三）维生素与免疫功能

1. 维生素 A

机体的体液免疫和细胞免疫反应都受维生素 A 的影响，适量的维生素 A 能提高机体抗感染和抗肿瘤能力。维生素 A 缺乏或不足时对特异性及非特异性免疫功能均可产生显著不良影响。维生素 A 缺乏时动物的免疫器官、细胞和分子都受影响，补充维生素 A 后免疫系统功能恢复正常。另外，维生素 A 能影响巨噬细胞的吞噬杀菌能力。维生素 A 缺乏时动物肺泡巨噬细胞超氧化物歧化酶（SOD）、谷胱甘肽过氧化酶活性降低，补充维生素 A 后肺泡巨噬细胞的细胞毒作用及吞噬能力增强。



维生素A可能通过以下几个方面影响免疫功能:①影响糖蛋白合成,视黄醛磷酸糖可能参与糖基的转移,而T细胞和B细胞表面有一层糖蛋白外衣,它们能结合有丝分裂原,决定淋巴细胞在体内的分布;②影响基因表达,细胞核是维生素A作用的靶器官,维生素A供给不足,核酸及蛋白质合成减少,使细胞分裂、分化和免疫球蛋白合成受抑;③IL-2(白细胞介素-2)、IFN(干扰素)的合成以及辅助T细胞、B细胞功能等功能与维生素A密切相关;④影响淋巴细胞膜通透性。

2. 类胡萝卜素

类胡萝卜素主要存在于黄色、橙色、红色、深绿色的蔬菜和水果中,典型代表是β胡萝卜素,还有存在于西红柿的番茄红素等。类胡萝卜素的最大特性是强大的抗氧化能力,实验研究发现,摄取一定量的类胡萝卜素,可增加特异性淋巴细胞的数量,增强NK细胞、吞噬细胞的活性、刺激各种细胞因子的生成。番茄红素有增强免疫系统潜力的作用。研究表明对免疫功能受损的人补充β-胡萝卜素是有益的;对老年人补充β-胡萝卜素可增强NK细胞的活性。

3. 维生素E

维生素E在一定剂量范围内能促进免疫器官的发育和免疫细胞的分化,提高机体细胞免疫和体液免疫功能。维生素E能增强淋巴细胞对有丝分裂原的刺激反应性和抗原、抗体反应,促进吞噬。小鼠T细胞、B细胞的增殖能力与血浆维生素E含量呈显著相关;维生素E缺乏症状出现以前,机体免疫功能已有明显改变。维生素E缺乏引起的免疫功能受抑与辅助性T细胞减少有关。

4. 维生素B_6

核酸和蛋白质的合成以及细胞的增殖需要维生素B_6,因而维生素B_6缺乏对免疫系统所产生的影响比其他B族维生素缺乏时的影响更为严重。维生素B_6缺乏时对免疫器官和免疫功能都有影响。

5. 维生素C

维生素C对胸腺,脾脏、淋巴结等组织器官生成淋巴细胞有显著影响。在动物实验中发现,维生素C缺乏时机体对移植物的排异反应、淋巴组织的发育及其功能的维持、白细胞对细菌的反应、吞噬细胞的吞噬功能均受抑制。维生素C能促进巨噬吞噬杀菌功能,血清维生素C含量与IgG、IgM水平呈正相关,维生素C能影响免疫球蛋白轻、重链之间二硫键的形成,即可促进抗体的合成。

(四)微量元素与免疫

1. 铁

膳食铁缺乏时,机体RNA酶活性降低,肝、脾和胸腺蛋白质合成减少,免疫功能出现异常。铁对宿主的免疫功能的影响与下列因素有关:①游离铁对微生物有促进生长的作用;②未饱和铁结合蛋白有抑菌作用;③对免疫应答的直接作用,包括对体液免疫、细胞免疫和对吞噬作用的影响;④对非特异免疫的影响,如维持正常的上皮屏障和维持含铁酶的活性。

2. 锌

锌对维持免疫系统的正常和功能有重要作用。锌缺乏对免疫系统的影响十分迅速而且明显,其中包括对免疫器官、细胞免疫、体液免疫及免疫网络的相互作用等影响。锌缺乏引起免

疫系统的组织器官萎缩，含锌的免疫系统酶类活性受抑制，并使细胞免疫和体液免疫均发生异常。缺锌的影响是多方面的，最主要是影响T淋巴细胞的功能，还影响胸腺素的合成与活性、淋巴细胞的功能、NK细胞的功能、抗体依赖性细胞介导的细胞毒性、淋巴因子的生成、吞噬细胞的功能等。

除上述营养素与免疫功能密切相关外，铜、硒和铁等在不同程度上也直接或间接影响机体的免疫功能。

三、增强免疫功能的食品

所谓增强免疫功能的食品就是指能够增强机体对疾病的抵抗力、抗感染、抗肿瘤以及维持自身生理平衡的一类食品。到目前为止，发现具有调节免疫功能的食物或中药主要有：蚂蚁、人参、骨髓、西洋参、蜂王浆、金针菇、蛇、虫草、香菇、枸杞、螺旋藻、灵芝、云芝、绞股蓝、中华鳖、黄芪、蜂胶、花粉、黑木耳、黑豆、牡蛎、芡实、蝇蛆蛋白、(羊)胎盘、羊肚菌、珍珠、葡萄籽提取物、鲨鱼软骨、刺五加、大蒜、蛇胆、肉苁蓉、雄蚕蛾、芦荟、蚕蛹、龟、茯苓、鱼膘、蝎子、海马、鲍鱼、白芷、山药、扇贝、牛初乳、阿胶、淫羊藿、党参、黑芝麻、银杏叶、猴头菌、沙棘油、鲨鱼肝油、银耳、红花、天麻、牛膝、首乌、雪莲花等。具有调节免疫功能的有效成分主要有：真菌多糖、猪脾多肽、壳聚糖、β-胡萝卜素、茶多酚、氨基酸钙、免疫球蛋白、牛磺酸、金属硫蛋白、蛋黄卵磷脂、酶解卵蛋白、甲壳素、硒、SOD、双歧杆菌、乳酸杆菌、大豆磷脂以及上述的营养素等。

利用上述的食物或中药或有效成分，均可以研制成针对机体免疫系统的相应的功能食品。

第二节　营养与肥胖

一、肥胖的基本概念

1. 肥胖的定义

肥胖是指人体脂肪的过量储存，表现为脂肪细胞增多和细胞体积增大，即全身脂肪组织块增大，超出正常范围。

2. 诊断肥胖的标准和方法

诊断是否肥胖，常用三大类方法：人体测量法、物理测量法和化学测量法。其中人体测量法应用最多，常用的指标有身高标准体重法、皮褶厚度和体质指数等，见第十章“社区营养”。

二、肥胖发生的原因

肥胖症由遗传因素与环境因素共同作用所导致的营养代谢障碍性慢性疾病。它是许多慢性疾病的重要诱因。

（一）肥胖的遗传因素

遗传因素决定着各个体间25%～70%的差异。肥胖的遗传性目前已经初步找到一些线索，主要是由某些基因，如瘦素、瘦素受体、激素原转化酶Ⅰ等突变引起的并伴有下丘脑和垂体不同程度功能障碍所致。

(二)肥胖的环境因素

肥胖主要是由于机体能量代谢出现正平衡所致,即摄取量大于消耗量,最终使多余的能量以体脂形式储存。环境因素中两个主要的改变似乎与肥胖发病率升高直接相关。

1. 体力劳动或活动量的减少

由于生产自动化和机械化等,使得大部分工作由电脑来完成;由于休闲时间的增加,使得人们观看电视或使用电脑的时间越来越长,这样许多人不参加或很少参加体力活动,使体内能量消耗减少。因此,久坐行为是肥胖发病率升高的一个直接原因。

2. 高能量、高脂肪食品摄入量增大

市场上营养素密度低的高能量、高脂肪食品的需求量增大,使体内能量摄入增加。有证据表明,高脂饮食摄入量的增加与肥胖症发病率的升高显著相关。肥胖发病率升高与活动量的减少和饮食结构变化所导致的能量消耗与能量摄入之间关系的不平衡密切相关。此外,社会因素、心理行为因素,可能也是肥胖的原因。表 12—1 总结了超重或肥胖的促进因素和预防因素。

表 12—1　促进或防止体重增加和肥胖的有力证据总结

证据程度	降低危险性	无关系	升高危险性
信服证据	有规律的运动;充足的膳食纤维		久坐的生活方式;营养素密度低的膳食
很可能证据	在家和学校,有助于健康食物的选择;母乳喂养		大量摄入高能量的快餐食品和含糖饮料、果汁;不良的经济社会状况(食品选择力低下)
可能证据	低 GI 的食物	膳食中蛋白质含量	大份的食物
证据不足	增加饮食次数		酒精饮料

三、肥胖的危害

(一)肥胖对儿童健康的危害

2002 年我国的营养调查发现,儿童肥胖病患病率已达 7.1%。肥胖症给儿童的身心健康带来了许多不良的影响,包括:①对心血管系统的影响,肥胖可导致儿童血脂浓度增加、血压增高。②对呼吸系统的影响,肥胖症能导致混合型肺功能障碍。③对内分泌系统与免疫系统的影响,出现抵抗力低下和身体发育异常。④影响体力、智力以及生长发育。

(二)肥胖对成年人健康的危害

它可以诱发与心血管疾病相关的多种代谢功能异常,会增加 2 型糖尿病、冠心病、中风、充血性心力衰竭、高血压、脂质异常血症、睡眠呼吸暂停综合征及某些癌症(如卵巢癌、乳腺癌和结肠癌)等的发病率和死亡率。

四、肥胖的预防与肥胖者的膳食调整

预防肥胖的首要措施是宣传肥胖对人类健康的危害，教育、指导居民合理平衡膳食的可操作方法，改掉不良饮食习惯和生活习惯，多参加户外活动和体育锻炼。

肥胖的治疗原则是使机体能量代谢的适度负平衡，即摄入量略低于消耗量、尽可能促进脂肪分解（有氧运动）。方法是控制总热能摄入，加强体育锻炼。

（1）低热能膳食：每日总能量摄入控制在 RNI 的 50% ~70%，直至体重接近标准。

（2）适当提高蛋白质的摄入量：以优质蛋白为主，如瘦肉、鱼虾、脱脂奶、大豆制品等。摄入量应占总能量的 16% ~25%。

（3）低脂膳食：脂肪摄入的热能比应低于 20%，严格控制动物性脂肪摄入，烹调油以植物油为主。

（4）适度控制碳水化合物的摄入量：对于蔗糖、果糖等简单碳水化合物在膳食中比例应尽量少，多选择由淀粉等提供热源，每日碳水化合物以 100 ~200g 为宜，不宜少于 50g，一定量的碳水化合物是维持脂肪代谢所必需的。

（5）充足的维生素、矿物质和膳食纤维：减肥食品中应含足量的矿物质和维生素，以保证机体处于最佳的生理状态，但必须注意食盐的摄取量（5 ~6g/d 为宜）。膳食纤维几乎不提供能量，又可产生一定的饱腹感，还能减少膳食能量吸收的作用。因此，一定量的膳食纤维对减肥有益处。

第三节　营养与冠心病

一、冠心病的发生

冠心病是心脏冠状动脉粥样硬化性心脏病的简称，是心脏冠状动脉病变而引起心脏供血不足或缺血所致的以心绞痛、心肌梗塞等为主要临床表现疾病。其发生过程为：动脉内膜的脂质沉着→内膜结缔组织增生→管腔狭窄或闭塞→心肌血液供给不足→冠心病。

动脉粥样硬化是引起冠心病的最重要原因。动脉粥样硬化的发病原因除遗传因素外，主要以环境因素为主，特别是营养因素。长期膳食不合理，可影响血浆脂类和动脉壁成分，产生动脉硬化。此外，高血压、糖尿病或其他内分泌病和内分泌代谢失常则间接导致动脉硬化的发生。所以，了解营养与动脉硬化之间的关系对冠心病的防治十分重要。

由于脂类成分无法单独存在于血液中，它必须由蛋白质作为载体。血浆脂类与某些蛋白质结合后就成了脂蛋白。用离心法将脂蛋白分为：乳糜微粒（CM）、极低密度脂蛋白（VLDL）、低密度脂蛋白（LDL）和高密度脂蛋白（HDL），它们是脂类在血中运输的基本结构与功能单位。低密度脂蛋白的浓度，尤其是小而密的低密度脂蛋白，由于易受到体内自由基的氧化，这种氧化型的 LDL 与冠心病呈正相关，而高密度脂蛋白的浓度与冠心病的危险性之间呈负相关。

二、膳食因素和冠心病的关系

膳食对心血管疾病的影响见表 12—2。

表 12—2 促进或防止心血管病的证据总结

证据程度	降低危险性	无关系	升高危险性
信服证据	规律运动、亚油酸、鱼和鱼油(EPA/DHA)、蔬菜水果(浆果)、少量酒精(冠心病)	维生素 E 补充剂	豆蔻酸和棕榈酸、反式脂肪酸、高钠、超重、高酒精摄入量(中风)
很可能证据	α-亚麻酸、油酸、全谷类、坚果类、植物固醇、叶酸、膳食纤维	硬脂酸	膳食胆固醇、粗咖啡
可能证据	类黄酮、大豆制品		富含月桂酸($C_{12:0}$)的脂肪、胎儿营养受损、β-胡萝卜素的补充剂
证据不足	钙、镁、维生素 C		碳水化合物、铁

(一)膳食脂类与冠心病

1. 膳食脂肪量与组成对冠心病的影响

大量流行病学研究表明,膳食脂肪摄入总量与冠心病的发病率呈正相关。其中不同类型的脂肪酸对血脂水平的影响不同。饱和脂肪酸可升高血胆固醇水平、长链脂肪酸(豆蔻酸和棕榈酸)可升高血脂,但硬脂酸除外;单不饱和脂肪酸能降低血清总胆固醇和低密度脂蛋白,且不降低高密度脂蛋白;多不饱和脂肪酸,特别是 $n-3$ 系列中的 EPA($C_{20:5}$)和 DHA($C_{22:6}$),具有降低甘油三酯、胆固醇和增加高密度脂蛋白的作用。$n-6$ 型多不饱和脂肪酸在降低 LDL 的同时,也降低 HDL 水平;反式脂肪酸不仅与饱和脂肪酸一样能增加低密度脂蛋白,同时还引起高密度脂蛋白降低。

2. 膳食胆固醇对冠心病的影响

流行病学和动物实验都观察到膳食胆固醇可影响血中胆固醇水平,并增加心脑血管疾病发生的危险。

3. 膳食磷脂对冠心病的影响

磷脂有利于胆固醇的代谢,使血液中胆固醇浓度减少,降低血液的黏稠度,避免胆固醇在血管壁沉积,有利于防治动脉粥样硬化。

(二)碳水化合物与冠心病

当人体摄入的热能长期超过消耗时,多余的能量就会转化为脂肪组织,形成肥胖。肥胖者冠心病、糖尿病和高血压的发病率较正常人高。

膳食中碳水化合物摄取过多对心血管病直接影响的证据尚不足,主要是由于摄取高 GI 的食品,易引起肥胖,间接影响冠心病。

(三)膳食蛋白质与冠心病

动物实验证明,动物性蛋白质升高,血胆固醇的作用比植物性蛋白质明显。而植物大豆蛋白质则有明显降低血脂的作用。但在人群中尚没有证据证明动物性蛋白质比植物性蛋白质更

易起冠心病。

(四)维生素与冠心病

维生素E,尤其是维生素E的补充剂,与防治心血管病无关。

维生素C参与胆固醇代谢形成胆酸的羟化反应,使血液胆固醇水平降低,但其对冠心病的影响目前证据还不足。

维生素B_6、叶酸、维生素B_{12}、泛酸、维生素A等,在抑制体内脂质过氧化、降低血脂水平方面都具有一定的作用。

(五)膳食纤维与冠心病

膳食纤维的摄入量与冠心病的发病率和死亡率呈显著负相关。有试验发现,给每个男性每天摄取154g的黄油,结果血中胆固醇水平达到206mg/100mL。再每日食用224g的鹰嘴豆(富含膳食纤维)取代食物中的谷物。20周后,血中胆固醇水平下降到160mg/100mL,恢复正常。

(六)无机盐、微量元素与冠心病

1. 镁和钙

镁和钙对冠心病的影响目前证据还不足。

2. 铬和硒

铬是人体葡萄糖耐量因子的组成部分,缺乏可引起糖代谢和脂肪代谢紊乱,血清胆固醇增加,动脉受损。缺硒可引起心肌损害,促进冠心病的发展。

3. 钠

钠被认为与高血压的发病有关,而高血压是动脉粥样硬化的危险因素之一。

(七)其他因素

1. 大量饮酒

大量饮酒可引起高甘油三酯血症。

2. 饮茶

饮茶有降低胆固醇在动脉壁沉积,可抑制血小板凝集。

3. 大蒜和洋葱

大蒜和洋葱有降低血胆固醇水平,提高HDL的作用。

4. 香菇和木耳

香菇和木耳都有降低血胆固醇的作用。

5. 大豆制品

大豆子叶中的某些活性蛋白组分,能与固醇类物质结合从而阻止膳食胆固醇的吸收并促进排出体外,是一种颇引人注目的具有降低血清胆固醇的活性成分。这种成分的优越性体现在只对高血脂患者起作用,对胆固醇值正常的人不起作用。

6. 皂苷、多酚或黄酮类

人参、山楂、山楂叶、大蒜,洋葱、灵芝、香菇、银杏叶、茶叶、柿子叶与竹叶中的皂苷、多酚或黄酮类微量活性成分对降血脂效果明显。香菇中的香菇嘌呤可降低所有血浆脂质,包括胆固

醇和甘油三酯等,游离胆固醇的降低程度较酯类更明显。

三、冠心病的饮食预防

饮食预防冠心病的关键是控制热能摄取、预防肥胖、使体重保持在理想的范围。同时应合理、科学地选择食物,增加复杂多糖的摄取;限制动物脂肪,适当多选择植物油脂;多食豆制品;添加降脂食品。此外,还应严禁烈性酒,因为高度酒精刺激心率加快,使血清脂蛋白升高,加重冠心病病情。适量喝酒精度低的啤酒、黄酒和葡萄酒,尤其是后者,对预防冠心病具有较好的效果。

饮食要少量多餐,避免过饱,以早餐、午餐为主,晚餐后活动量少,离睡眠时间近,不吃油腻或难消化的食物,以防胆固醇在动脉壁上沉积。

总的来说,预防冠心病的饮食原则为:

(1)控制总热能摄入,保持理想体重。

(2)限制脂肪和胆固醇的摄入。

(3)多吃植物性蛋白质,少吃甜食。

(4)保证充足的膳食纤维和维生素的摄入。

(5)饮食易清淡、少盐、少饮酒、少喝粗咖啡。

第四节　营养与高血压

一、高血压的基本概念

1. 高血压的定义

高血压是指动脉血压持续升高到一定水平而导致对健康产生不利影响或引发疾病的一种状态。动脉血压过高必然增加心脏负担,引起心脏扩大、肥厚,最后导致心力衰竭。高血压病分为两类:①原发性高血压,以血压升高为主要特征的原因不明的独立疾病,占高血压的95%以上;②继发性高血压,是由于其他疾病所致的血压升高,其中肾病性高血压占70%。

2. 高血压病的流行病学特征

不同地区、种族及年龄高血压发病率不同。目前我国高血压患病率在18%左右,全国约有高血压病患者1.6亿之多。在西方国家,高血压发病率在15%~20%之间。一般高血压的流行病学特征是城市高于农村,北方高于南方,青春期男性略高于女性,中年后女性稍高于男性,中老年人高于年轻人。但据我国2002年全国营养调查发现,高血压病的流行病特征发生了一些变化:高血压发病率城市与农村的差距在不断缩小,而且,高血压病人的年龄年轻化。

3. 高血压病诊断标准

在临床上,理想血压(收缩压 mmHg*/舒张压 mmHg)是:<120/<80;正常血压是:<130/<85;高血压是:≥140/≥90。

4. 高血压对机体的影响

临床上常见的高血压性心脏病和肺源性心脏病就是由于主动脉或肺动脉长期高压造成

* 1mmHg = 133.3Pa.

的。此外，高血压长期作用于动脉管壁，可造成血管内膜的损伤和破坏，导致动脉粥样硬化或破裂。因此，保证动脉血压的相对稳定，对维持正常生命活动是十分重要的。

5. 影响血压的因素

原发性高血压是一种由遗传多基因与环境多因素相互交织形成的慢性疾病。目前认为，遗传因素约占40%，环境因素占60%。常见的环境因素包括：①年龄：和年龄有关，年龄越大，发病率越高。②职业：对需要注意力高度集中、过度紧张的脑力劳动，对视听觉有高度刺激的工作环境，均可使高血压升高。③膳食因素：食盐摄入多、能量摄取过剩、肥胖及过度饮酒均可使高血压的发病率增高。环境因素中，膳食因素是主要的原因。

二、膳食营养因素与高血压

（一）食盐与高血压

摄入过多可导致体内钠潴留，使血压升高。高钠盐摄入导致的高血压常伴有遗传因素，即高钠盐摄入仅对那些体内有遗传性钠转运缺陷的患者才可致高血压。

食盐影响高血压的过程：由于摄取过量的食盐，引起体内钠的潴留，进而使细胞外液容量增加，心排出血量随之增加。同时，血管平滑肌细胞膜对钠、钙通透性增加，使细胞内钠、钙水平提高，引起血管平滑肌兴奋而收缩，最终导致高血压的形成。

最近，美国科学家研究发现，通过有效控制膳食中的钾、钠、钙等可有效控制血压，并提出了一个所谓DASH（Dietary Approaches to Stop Hypertension）计划，其中心内容就是有效限制膳食钠的摄入量（1500～2300mg），并尽量提高钾和钙的摄入水平。表12—3是一个典型的DASH计划的1日营养素摄取量方案。

表12—3 DASH计划每日膳食营养素摄入目标［能量摄入量8.79MJ(2100kcal)］

营养素	营养素摄入目标	营养素	营养素摄入目标
总脂肪	占能量RNI的27%	钠	2300mg
饱和脂肪	占能量RNI的6%	钾	4700mg
蛋白质	占能量RNI的18%	钙	1250mg
碳水化合物	占能量RNI的55%	镁	500mg
胆固醇	150mg	膳食纤维	30g

按照上述计划，对大多数高血压病人可有效控制血压。

（二）钾与高血压

钾可缓冲钠的升压对血管的伤害以及缓冲细胞外液的增加。补钾可激活血压平滑肌细胞上的钠泵而起到舒缓血管的作用；钾可对抗去甲肾上腺素的升压作用；钾改善体内压力感受器的敏感性，有利于血压的调节。

（三）钙与高血压

高钙膳食有利于降低血压，可能与其利尿以及促进钠的排泄作用有关，还与可扩张血管的

降钙素分泌增加有关。钙可保护因高钠所致的高血压。钙对高血压的预防作用目前仍然没有定论,但一项对护士的长期研究发现,每日摄取钙400mg引起高血压的危险性比800mg组高。

(四)脂肪、碳水化合物与高血压

由于摄入过量的脂肪、碳水化合物易导致机体能量过剩而诱发肥胖,使血脂升高、血液黏滞系数增大、外周血管阻力增大,血压升高。

(五)维生素C与高血压

维生素可改善血管弹性,降低外周阻力,有一定的降压作用。

(六)膳食纤维与高血压

膳食纤维具有降低血清甘油三酯和胆固醇的作用,有一定的降压作用。

三、高血压的饮食预防

(一)控制体重,避免肥胖

控制总热量的摄取,并增加热量的消耗。总热量可按理想体重计划,即根据身高,计算出理想体重,按83.7~104.6kJ/kg(20~25kcal/kg)体重计算总能量的摄取。有研究发现,对于超重或肥胖的高血压患者,当体重下降4.5kg时,尽管没有降到理想体重范围,但已经观察到有明显的降血压效应。对于能量减少应有计划地进行,因为机体对于能量减少的反应比较敏感。对于能量消耗,应坚持不懈,根据WHO提出的最新标准(2003年),每日活动量应控制在60~90min,至少在45~60min,否则达不到应有的效果。

(二)改善膳食结构

1. 严格控制膳食钠摄取量

按照美国最新的标准(DASH计划,2006年)对于高血压病人每日钠的摄取目标为1500~2300mg。钠与氯化钠之间的换算见表12—4。

表12—4 钠与氯化钠的换算

钠/mg	钠/mmol	氯化钠/g
500	22	1.30
1000	44	2.50
1500	65	3.75
2000	87	5.00
2300	101	5.84

注:钠换算成食盐 $m(NaCl)mg = m(Na)mg \times 2.54$;食盐换算成钠 $m(Na)mg = m(NaCl)g \times 393$.

2. 相对增加钾的摄取量

要求每日钾的摄取量应达到4700mg。调查发现,以马铃薯为主食的地区,居民的高血压

发病率比非马铃薯为主食者低。这是因为马铃薯含有丰富的钾元素。钾主要存在于蔬菜水果中,如各种食用菌类、蔬菜、水果类以及豆类等都是钾的丰富来源。

3. 保证膳食中钙和镁的摄取量

一般要求高血压患者膳食中钙和镁的摄取量分别达到1000mg和500mg。2002年我国第四次全国营养调查发现,我国居民膳食中,平均钙摄取量只有391mg,与我国制定的RNI800mg相距甚远。平时应多摄取乳制品或豆制品。

4. 摄取足够量的蛋白质

需要摄入足够量的蛋白质,且以优质蛋白为主,蛋白质摄取量占能量总摄取量的15%。

(三)限制饮酒

乙醇是高血压和脑卒中的独立危险因素。因此,对于高血压病人应严格控制饮酒量。美国建议每日乙醇消耗量男性控制在2个乙醇单位(1个乙醇单位相当于12g纯乙醇)以内,而女性则必须控制在1个乙醇单位内。1个乙醇单位相当于啤酒270mL或葡萄酒100mL或40度白酒30mL。

四、具有降压作用的食物

1. 活性多肽

乳酪蛋白、鱼贝类多肽以及玉米、大豆蛋白的特种酶降解短肽具有抑制血管紧张素转换酶的活性而使血压降低,对高血压患者非常合适。

2. 洋葱

含有可降低胆固醇的环蒜氨酸和含硫化合物的混合物,还含有前列腺素和能激活血溶纤维蛋白活性的成分,能降低外周血管和冠状动脉的阻力,从而降低血压。

3. 富钙、富钾的食物

大豆及其制品、牛奶、香蕉、芹菜等。

4. 山楂

花、叶、果都含降压成分,可降低血管运动中枢兴奋性而使血压下降。

5. 其他

海带、慈姑、莲心、黑木耳、灵芝、香菇、菊花、甜叶菊、柏叶、大蒜、玉米须、蚕豆花、黄瓜藤和猪胆汁等。

第五节 营养与糖尿病

一、糖尿病及其危害

(一)糖尿病概述

糖尿病是由于体内胰岛素分泌量不足或者细胞对胰岛素的敏感性降低,使血糖进入细胞的数量不足,导致血糖升高,尿糖增加而引起"三多一少"的症状,即多食、多饮、多尿、体重减轻。

糖尿病主要有两类，一类是胰岛素依赖型，也称1型糖尿病，主要是由于机体胰岛素合成量绝对不足所致；另一类是非胰岛素依赖型，也称2型糖尿病，是由于机体细胞对胰岛素的敏感性下降，机体胰岛素量虽不缺乏但胰岛素效应下降所致，这类糖尿病占95%以上。

（二）糖尿病的流行病学

全世界糖尿病人约有1.5亿，而且每年都在不断增加。2002年全国营养调查结果表明，目前我国糖尿病发病率为2.6%，糖尿病病人2000多万。在某些发达国家情况更为严重，如美国1950年糖尿病患者为120万人，而到1975年已增长到500万人，占总人口的5%，西欧为2%～4%。糖尿病主要存在于中老年人群、脑力劳动者、超重和肥胖者、城市及发达国家的人群。目前糖尿病在发展中国家也日益增加，并出现年轻化趋势。有人估计，我国到2010年糖尿病患病率将达10%。

（三）糖尿病病因

糖尿病发病不断增加的主要因素有：

1. 遗传性

过去认为糖尿病的遗传性主要存在于1型糖尿病中，目前认为2型糖尿病的遗传性更强。糖尿病遗传的不是糖尿病本身，而是遗传糖尿病的易患性。从遗传学角度研究发现，中国人对糖尿病具有较高的易患性。

2. 饮食结构变化

过多的热量摄入导致肥胖是诱发糖尿病的主要原因。

3. 年龄老化

45岁以上人群的胰岛功能降低，是糖尿病的多发人群。

4. 诊断率提高

人们对糖尿病认知度的不断提高以及医学检测技术的进步，使糖尿病及时被发现。

5. 不健康的生活方式

不健康的生活方式如运动量减少，以车代步，机器代替人力劳动，使现代人缺乏必要的运动锻炼、饮食营养不平衡，使得富贵病如肥胖、高血压、高血脂等患病率增加，使糖尿病的易患人群不断增加。

（四）诊断标准

成人正常空腹血糖值为3.9～6.0mmol/L，餐后2h血糖值小于7.8mmol/L。如果任何时间血糖大于11.1mmol/L(200mg/dL)，同时患者有多尿、多饮、多食及体重下降等典型的糖尿病症状；或空腹血糖大于7.0mmol/L(126mg/dL)；或餐后2h血糖大于11.1mmol/L(200mg/dL)，即基本可以诊断为糖尿病。

（五）糖尿病的危害

糖尿病所引起的一系列病理生理改变主要有：代谢紊乱；糖尿病慢性病变如脑血管病变、肾脏病变、眼部病变、神经病变和皮肤病变等。其中最主要的危害是破坏机体细小血管。

二、糖尿病的饮食调控

（一）糖尿病综合调控原则

我国学者结合国内外的实际经验，提出了糖尿病综合治疗原则，即饮食治疗、运动治疗、糖尿病的教育与心理治疗、药物治疗和病情监测。

（二）饮食调控原则

1. 促进或预防2型糖尿病的因素

糖尿病重在预防，有人提出"五架马车"预防糖尿病，即①教育，尽可能让更多的人了解糖尿病、认识糖尿病，建立合理科学的生活方式，学会调节心理平衡；②饮食，应尽可能按我国膳食指南要求，合理膳食；③运动，每周至少有3～5次，每次45～90min的运动时间，预防肥胖，提高机体抗病的生理素质；④药物，对于患有高血压或血脂异常者，应坚持用药，对血糖值较高者，可适当选择降糖药；⑤监测，定期监测血压、血脂和血糖，做到早发现早治疗。

促进或预防2型糖尿病的因素见表12—5。针对糖尿病发病有关膳食因素，在日常膳食中应避免高GI食物、高脂肪等不平衡膳食，保证摄入足够的膳食纤维，在膳食营养素平衡的基础上控制能量的摄入，避免能量过剩造成的肥胖。

表12—5　促进或防止2型糖尿病的证据总结

证据程度	降低危险性	无关系	升高危险性
信服证据	肥胖者自愿减肥；有规律的运动		超重、肥胖、苹果型肥胖、缺乏体力活动和怀孕期糖尿病
很可能证据	膳食纤维		饱和脂肪；胎儿延时生产
可能证据	$n-3$ 脂肪酸、低GI食物、额外母乳喂养		总脂肪量、反式脂肪酸
证据不足	维生素E、铬、镁、中等量酒精		过量酒精

2. 饮食措施目标

帮助患者制定膳食营养计划，形成良好的饮食习惯以达到并保持较好的代谢控制，减少急性和慢性并发症的危险，通过良好的营养膳食支持改进一般健康状况。具体目标为：①控制血糖、血脂和血压接近或达到正常水平。②增强细胞对胰岛素的敏感性。③维持或达到理想体重。④预防和治疗急、慢性并发症。

3. 饮食调控方法

（1）合理控制总热能，通常利用标准体重法确定总能量摄取量，不论是肥胖者或消瘦者均应控制体重在理想体重范围内。

（2）尽量选用复合型碳水化物类食物，其供能应占总热能的60%左右。如玉米、荞麦、燕麦、莜麦、红薯等。



(3)增加膳食纤维的摄取量,尤其是可溶性膳食纤维,如蔬菜、水果中含有丰富的可溶性膳食纤维,每日膳食纤维摄取量控制在25~40g之间。

(4)控制脂肪总量、饱和脂肪酸和胆固醇的摄入量,脂肪供能占总热能的比例不超过30%。建议饱和脂肪酸供能量小于10%、多不饱和脂肪酸供能量在6%~10%之间,其余由单不饱和脂肪酸提供;每天胆固醇摄入量小于300mg。

(5)保证优质蛋白质的供给,尽量选用大豆、水产类、家禽等食物。

(6)食物要求多样化,在常用的8类食物中(谷类、蔬菜、水果、大豆、奶、瘦肉、蛋、油脂),每天尽可能选择这些食品,每类食品选食1~3个品种。

(7)合理安排进餐制度,定时、定量对糖尿病病人而言至关重要,每天可安排3~6餐。如是3餐,其能量摄取比例可按1/5,2/5,2/5安排或按照专业营养师的要求。

第六节 营养与肿瘤

一、肿瘤概述

肿瘤的发生与遗传和环境因素密切有关,膳食营养作为环境因素的重要部分,肿瘤中的35%左右与其密切有关。肿瘤发生的区域性差别能清楚地解释膳食营养与肿瘤的关系程度,如东南亚地区是肝癌高发区,日本是胃癌高发区,乳腺癌是西方妇女发病最多的肿瘤,中国是胃癌、食管癌和肝癌的高发区。研究人员调查了生活在北美洲的某教教徒60万人后发现,这些人不吸烟、不饮酒,少食肉,约有半数不食鸡蛋和牛奶,基本素食,这些人群的肺癌、结肠癌的死亡率与同年龄、同性别和社会阶层相似的非耶稣再生说教徒的对照组人群都低。

食物是人体联系外环境最直接、最经常、最大量的物质,也是机体内环境及代谢的物质基础。因此,研究膳食营养与肿瘤的关系在探讨肿瘤的病因、找出肿瘤防治措施方面占有极其重要的地位。食物对肿瘤的影响见表12—6。

表12—6 促进或防止肿瘤的证据总结

证据程度	降低危险性	升高危险性
信服证据	体育锻炼(结肠癌)	超重和肥胖(食道、结肠-直肠、妇女更年期后乳腺、子宫内膜和肾脏肿瘤) 酒精(口腔、咽喉、食道、肝脏、乳腺肿瘤) 黄曲霉毒素(肝脏肿瘤) 中国式腌鱼(鼻咽癌)
很可能证据	水果、蔬菜(口腔、食道、胃和结肠-直肠肿瘤) 体育锻炼(乳腺癌)	腌制肉类(结肠-直肠癌) 盐腌制食品和食盐(胃癌) 烫的饮料和食物(口腔、咽和食道肿瘤)
可能证据	膳食纤维	动物脂肪

续表

证据程度	降低危险性	升高危险性
证据不足	大豆类、鱼类、$n-3$脂肪酸、类胡萝卜素、核黄素、维生素B_6、叶酸、维生素B_{12}、维生素C、维生素D、维生素E、钙、锌、硒、非营养素成分(如葱属植物类物质、类黄酮、异黄酮和木聚素等)	多环芳香烃类、亚硝胺类、杂环胺类

二、食物中的致癌物质

食品中天然致癌物质见表12—7。

表12—7　食品中的天然致癌物

致癌物	存在的食品	致癌作用
黄曲霉毒素、细菌毒素	高温地带的谷物，豆类如花生、豆、玉米	肝细胞致癌物
香豆素	香料，植物精油	大白鼠胆管发现肿瘤
苏铁素		动物肝、肾、肠道肿瘤
黄樟素	豆蔻、肉桂、黑胡椒抽出的精油	肝脏肿瘤
亚硝胺	微量存在于肉、鱼、酒精饮料中	肝脏肿瘤

(一)与饮食有关的肿瘤

与饮食有关的肿瘤，主要有消化道肿瘤，如鼻咽癌、胃癌、食管癌、肝癌和结肠-直肠癌以及乳腺癌、子宫内膜癌等。

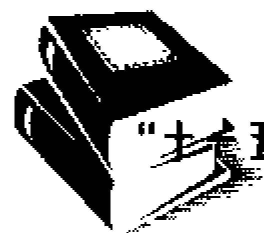
(二)饮食中的致癌物质

1. 亚硝胺

亚硝酸盐是一种常用的食品添加剂，它能抑制肉毒杆菌的生长，同时能保持肉色鲜嫩，因此，它是一种保鲜剂、发色剂和防腐剂。亚硝酸盐在一定的条件下，与蛋白质分解代谢的二级胺类物质相结合，即可形成亚硝胺。尽管到目前为止在世界范围内还没有足够的流行病学证据说明亚硝胺类对人类的致癌作用，但通过对绝大部分哺乳动物的试验发现，亚硝胺类是一种强致癌物，因此，从理论上说，亚硝胺类对人类也应该是一种致癌物。亚硝胺类最易存在于熟肉食品，如火腿、烤肉、香肠、午餐肉、腊肠、咸肉、鱼罐头、熏鱼、腌鱼等。河南林州市是食管癌的高发区，经过流行病调查发现，当地人喜欢食用酸菜，而酸菜含有较多的亚硝胺类物质。另外，烟草的烟雾中也含有大量的亚硝胺类，通过吸烟，很容易溶解于唾液而进入体内；许多酿造酒中，如啤酒含有一定量的亚硝胺。此外，人体的口腔和胃内在一定的条件下，如胃内酸度下降时，在某些微生物的作用下可合成亚硝胺。

2. 食品添加剂

如色素存在于各种糕点、糖果、肉制品、烤制食品、清凉饮料、冰淇淋、冰糕、果冻、果汁及快餐



食品中,一般合成色素的危害性比较大,但天然色素如果使用量过大,也存在安全问题。食品色素常见的致癌部位有肝脏、乳腺组织等。因此,应不吃颜色过于鲜艳的糕点等食品、饮料等。

另一种可致癌的食品添加剂就是甜味剂——糖精。通过实验动物发现,糖精可引起膀胱癌,尽管对人类还没有证明其有致癌作用,但许多国家为了安全考虑,已经禁止使用。

3. 食品污染

(1)农药,水果、蔬菜及其农产品加工的食品中均存在农药残毒,很多农药残留主要存在于水果、蔬菜的表皮中。已知有机氯农药、有机磷农药在动物实验中均发现具有致癌性,许多科学家认为,某些农药对人类有很大的致癌性危害。因此,建议用柠檬酸或其他较弱的酸冲洗,去皮时要削得深些。

(2)真菌污染,最典型的是被黄曲霉菌污染后产生的黄曲霉毒素,它是一种强致癌物。含碳水化合物高的食物在高温、高湿条件下,易产生黄曲霉毒素。因此,坚果、粮食、种子在收割和贮存时应保持干燥。黄曲霉毒素主要诱导肝、肾和结肠肿瘤。因此,要求避免食用未干燥且已发霉的坚果、玉米、粮食及其制品。

4. 食物加工过程中产生的物质

这类物质主要以多环芳烃、苯并芘为主,多环芳烃是食品加工中常见污染物,经烟火熏烤或油炸后,可产生苯并芘。WHO有关专家组证明,蛋白质、脂肪和碳水化合物等加热过度,可产生苯并芘类致癌物质。有报道称,烤肉、烤鱼等所产生的烤焦部分,检测到强烈的诱变剂成分。用不锈钢盘煎牛肉饼时,当温度200℃时则可产生诱变物质。温度再升高,诱变物含量成倍增加。

5. 乙醇

流行病学资料表明,在某些国家中,大量饮用啤酒可增加结肠癌和直肠癌的发生,但未能被病例的对照研究和前瞻性研究证实。某些人认为,大量饮酒易造成肝硬化,从而增加发生肝癌的危险性。吸烟与饮酒有协同作用,能增加口腔、喉、食管和呼吸道癌的发生。

6. 其他可能的致癌物

(1)蕨类:有研究报告指出,如饲料中含蕨类较多,则牛、豚鼠和大鼠易诱发膀胱癌,小鼠易诱发肺腺瘤,大鼠和鹌鹑易诱发小肠腺癌等。

(2)含肼类化合物:如二孢蘑菇或称双孢蘑菇、洋蘑菇等都含有肼类衍生物,蘑菇本身又含有水解肼类衍生物的酶,水解产物能诱发小鼠的肺癌和血管癌。

(3)槟榔:我国云南、广西、广东和台湾的部分地区居民有嚼槟榔的习惯。国外调查报告指出,嚼槟榔习惯与口腔、喉、食道和胃肿瘤的发生有关。学术界认定槟榔为一级致癌物。

三、营养素与肿瘤的关系

1. 总能量摄入量

动物实验表明,适当限制总能量摄入可抑制某些肿瘤的形成,延长肿瘤潜伏期,降低肿瘤发病率。另外,如不限制总能量的摄取,但强迫动物进行运动以促进能量的消耗,也可降低化学致癌物对动物的致癌作用。人群流行病学资料表明,能量摄入过多、超重或肥胖的人群,其乳腺癌、结肠癌、胰腺癌、胆囊癌、子宫内膜癌和前列腺癌等的危害性增高。而增加体力活动可降低结肠癌、乳腺癌和肺癌的危害性。但能量摄入低下的人群,可增加诱发胃癌的危害性,原因是能量摄入低下的人群,易引起蛋白质和其他营养素的摄入下降,促使人机体抵抗力下降而

诱发肿瘤。因此，在控制能量摄入的同时，必须保证蛋白质以及其他营养素的摄取。

2. 碳水化合物

碳水化合物摄入量与癌症发生之间的关系，无论是人群流行病学还是动物实验的证据都很少。Hems研究（41个国家的人群资料）认为，精制糖摄入量与乳腺癌发病有关。Hakama和Saxen研究（16个国家的人群资料）发现，胃癌死亡率和淀粉摄入量呈正相关。

3. 膳食纤维

研究重点是膳食纤维摄入量与大肠癌发病的关系，目前比较一致的观点是膳食纤维有助于降低大肠癌的风险，其作用机制包括：①膳食纤维使肠道致癌物得到稀释；②缩短肠内容物停留时间，减少了致癌物与肠道的接触时间；③影响致癌物（如胆酸）的生成；④影响肠道菌丛的分布，改变了胆酸的成分。

4. 蛋白质

动物实验表明，满足最低生长需要的低蛋白饲料可使化学致癌物对动物所产生的癌症发生率下降，甚至不发生。但流行病学研究很难排除蛋白质以外的混杂因素的影响，尤其是脂肪因素，因此目前对其还无确定的结论。

5. 脂类

（1）在各种营养素与癌症发生关系的研究中，脂肪的相关性最明显，证据也最多。人群流行病学调查发现，脂肪摄入量与妇女乳腺癌和结肠癌死亡率呈明显的正相关。以肉食为主的欧美国家，妇女这两种癌症的死亡率明显高于以素食、谷类为主的亚非国家。前列腺癌和直肠癌的发病率和死亡率也与高脂肪摄入量呈现明显的正相关。动物实验结果表明，高脂肪饲料可增强化学致癌物对小鼠的致癌性。

（2）胆固醇。有报告认为，血清胆固醇水平与结肠癌死亡率呈负相关，即血清胆固醇水平上升，则结肠癌死亡率反而下降。

（3）不饱和脂肪酸。不少动物实验表明，不饱和脂肪酸能增强化学致癌物对动物的致癌作用。但这些实验都是在总脂肪摄入量高的条件下进行的，同时现在还缺少流行病研究的证据。对人类来说，总脂肪摄入量远远达不到如此高的水平。目前比较恰当的解释是，在总脂肪摄入量低的情况下，不饱和脂肪酸的量不会起多大的作用。但在总脂肪摄入量高的情况下，不饱和脂肪酸可能会促进癌症的发生。多不饱和脂肪酸对肿瘤发生的可能假说是抑制免疫功能假说，即n—6脂肪酸是前列腺素（PGE2）合成的前体，PGE2能抑制NK细胞活性和淋巴细胞毒作用，自由基及脂质过氧化物的增加也能抑制免疫功能，使肿瘤发生率升高。Yamashita等向体外培养NK细胞的介质中加入$C_{20:5}$，n—3，NK细胞活性受抑；体内注射$C_{20:5}$，n—3或$C_{22:6}$，n—3，NK细胞活性降低65%。由此可见，NK细胞功能障碍是进食高多不饱和脂肪酸引起肿瘤发生增多的重要原因。

6. 维生素A

许多病例－对照研究表明，不少上皮细胞癌的发病率与维生素A摄入量呈负相关。一些前瞻性研究也发现血清维生素A水平与癌症发病率呈负相关。动物实验表明，饲料中缺乏维生素A或胡萝卜素可使动物对化学致癌物（苯并芘，3－甲基胆蒽，甲基肼）的致癌作用更敏感。给予大剂量的维生素A，在大多数情况下可抑制致癌物的致癌作用。其可能的作用机制是：①维生素A对上皮细胞的正常分化起重要作用，能抑制DNA过度合成和基底细胞增生；②维生素A可能改变致癌物的代谢作用；③维生素A可增加癌变细胞溶酶体的脆性，促进癌细胞的

退化;④维生素 A 能增强人体的免疫力,从而增强对肿瘤的抵抗力。

7. 维生素 C

肿瘤流行病学调查表明,许多消化道肿瘤与维生素 C 摄入不足有关。实验证明,维生素 C 对化学致癌物亚硝胺的形成有阻断作用,可抑制人体内亚硝胺的合成。维生素 C 还能巩固和加强机体的防御能力,使癌细胞丧失活力。两次获得诺贝尔奖的鲍林教授,在他的《维生素 C 与肿瘤》一书中明确提示,维生素 C 可以防癌和辅助治疗癌症。

8. 维生素 E

不少动物实验资料证明维生素 E 能对抗多种致癌物的作用。维生素 E 也能阻断食物中某些成分合成亚硝胺,故有防癌作用。另外,维生素 E 具有较强的抗氧化性,因而可防止脂质过氧化,维持细胞膜的完整和正常功能,保护机体组织不受脂质过氧化产物如氢过氧化物和各种自由基的伤害,从而不容易发生衰老和癌变。

9. 硒

动物实验表明,硒可抑制多种化学致癌物的致癌作用。流行病学资料也说明,消化道癌症患者血硒水平明显低于健康人。美国调查发现农作物中硒含量越低的地区,消化系统和泌尿系统肿瘤的死亡率就越高。硒参与红细胞谷胱甘肽过氧化物酶的组成,因而具有强有力的抗氧化作用,能保护细胞膜不受自由基的破坏。

10. 锌

Schrauzer(1977 年)估计了 27 个国家居民膳食中锌的摄人量,结果发现过量摄取锌可能增加患白血病、肠癌、乳腺癌、前列腺癌、食道癌、胃癌和皮肤癌的危险性。另有研究发现,锌摄入量过低可降低机体的免疫力,增强化学致癌物的作用而诱发肿瘤。

11. 其他矿物质

碘被认为在缺乏时可增加患甲状腺癌的危险,但证据不充足。镉在职业性接触下能引起肾和前列腺癌,而对在膳食和饮水中镉的作用却说法不一。动物实验也未发现饮水中的镉有致癌作用,但皮下及肌肉注射可致癌。砷已被证明对人有致癌作用,但目前尚无动物模型。铅过多可引起动物发生癌症,但缺乏流行病学证据。

四、肿瘤的饮食预防

美国癌症研究所和世界癌症研究基金会组织了来自 8 个国家的 16 位著名营养学、流行病学和肿瘤学专家撰写了《食物、营养与癌症预防》一书。1999 年 5 月,中国抗癌协会与世界癌症研究基金会在北京对膳食提出了 14 条建议。

(1)食用营养丰富、以植物性食物为主的多样化膳食。选择富含各种蔬菜和水果、豆类的植物性膳食,但并不意味着素食,而是植物性食物应占据饭菜的 2/3 以上。

(2)保持适宜的体重。人群的平均体质指数(BMI)在整个成年阶段保持 BMI 在 21 ~ 24 之间,而个体的 BMI 应在 18.5 ~ 24 之间,避免体重过低或过重,并将整个成人期的体重增加限止在 5kg 之内。

(3)坚持体力活动。如果从事轻或中等体力活动的职业,则每天应进行约 1h 的快步走或类似的运动,每周还要安排至少 1h 较剧烈的出汗运动。

(4)鼓励多吃蔬菜和水果,使其提供的热量达到总能量的 7%;鼓励吃多种蔬菜和水果,每日达 400 ~ 800g。

(5)选用富含淀粉和蛋白质的植物性主食，且占总能量的45%～60%，精制糖提供的总能量应限制在10%以内，个体每日摄入的淀粉类食物应达到600g～800g，尽量食用加工程度低的食物。

(6)不要饮酒，尤其反对过度饮酒。如果要饮酒，男性应限制在2个乙醇单位，女性在1个乙醇单位。孕妇、儿童及青少年禁酒。

(7)肉类食品：红肉(指牛、羊、猪肉及其制品)的摄入量应低于总能量的10%，每日应少于80g，最好选择鱼、禽类或非家养动物的肉类为好。

(8)总脂肪和油类提供的能量应占总能量的15%～30%，限制脂肪含量较多，特别是动物性脂肪较多的食物，植物油也应适量，且应选择含单不饱和脂肪并且氢化程度较低的植物油。

(9)限制食盐。成人每日从各种来源摄入的食盐不应超过6g，其中包括盐腌的各种食品。

(10)尽力减少霉菌对食品的污染，应避免食用受霉菌毒素污染或在室温下长期储藏的食物。

(11)易腐败的食品在购买时和在家中都应冷藏或在其他适当方法保藏。

(12)对食品的添加剂和残留物以及各种化学污染物应制定并监测其安全用量，并应制定严格的管理和监测办法。食品中的添加剂、污染物及残留物的含量低于国家所规定的水平时，其存在是无害的，但是使用不当可能影响健康。

(13)营养补充剂。补充剂不能减少癌症的危险性，大多数人应从饮食中获取各种营养成分，而不用营养补充剂。

(14)食物的制备和烹调。在吃肉和鱼时用较低的温度烹调，不要食用烧焦的肉和鱼，也不要经常食用炙烤、熏制和烟熏的肉和鱼。

最后，建议不要吸烟和嚼烟草或嚼槟榔，不鼓励以任何形式生产、促销和使用烟草。

五、具有抗癌作用的食物

具有抗癌作用的食物包括：

(1)食物中的某些营养素，如氨基酸、维生素、膳食纤维和微量元素。

(2)食物中的非营养素，即植物化学物质。研究发现，许多这类天然物质的共同特性是具有抗突变、抗癌等作用。

①多酚类化学物：存在于植物中，如绿茶中的茶多酚、葡萄中的鞣酸以及咖啡酸、富马酸、酚酸、儿茶酚等。

②吲哚类化合物：十字花科类蔬菜中存在，如大白菜中含有的吲哚3－甲醇、吲哚3－醛等。

③巯基化合物：存在于水果、蔬菜中，如异硫氰酸盐、丙烯基硫化物、二巯基丁醇等。

④香辛料及植物色素类：如肉桂醛、胡椒碱、茴香醛、伞形花内酯和一些植物色素如姜黄素等。

⑤萜类化合物：存在于多种柑橘属、十字花科蔬菜，如白菜、甘蓝、卷心菜等，萜类物质主要包括单萜烯、D－二萜烯，柑橘属中还含有薄荷醇和桉油醇等。

⑥卟啉类化合物：具有卟啉环，如血红素、胆红素、叶绿素等。

⑦蛋白酶抑制剂：一种多肽或蛋白质，如大豆中提取的EdiproA和从动物组织提取的拟肽



酶类等。

⑧黄酮类化合物:如黄酮、异黄酮、黄酮烷、双黄酮等;多环化合物甙类,在食物中存在较多的有芦丁、桑黄素、黄烷酮、芹皮黄素、山茶酚等。

⑨皂甙:植物中比较复杂的甙类化合物,如人参皂甙,绞股蓝皂甙、柴胡皂甙和大豆皂甙等。

⑩类胡萝卜,如番茄红素,主要存在于西红柿、西瓜、樱桃中。对前列腺、肺与胃的肿瘤防治效果显著,对防治胰腺、结肠、乳腺、子宫的癌症也有一定效果。

第七节　分子营养学与营养不良

一、分子营养学概述

分子营养学(moleculor nutrition)是一门研究营养素与细胞内外各种生物大分子之间的相互作用,即营养素如何影响诸如DNA修复、基因表达和细胞增殖等这些生命基本过程的学科。

分子营养学的研究内容包括两个方面:一是研究营养素对基因表达的调控作用,从而对营养素的生理功能进行更全面、更深入的认识;二是研究遗传因素对营养素消化、吸收、分布、代谢和排泄的决定作用。从而进一步研究二者之间的相互作用对生物体表型特征(如营养素需求、营养素缺乏、与营养素相关疾病、先天性代谢缺陷病等)影响的规律,从而针对不同基因型及其变异、营养素对基因表达的特异调节机理或过程制订出符合每个人代谢特征的膳食营养素参考摄取量(DRIs)的标准。

二、营养素对基因表达的调控

(一)营养素对基因表达的作用特点

几乎所有的营养素对基因的表达都有调节作用。其作用特点有:

(1)一种营养素可调节多种基因的表达。

(2)一种基因也受多种营养素的调节。

(3)一种营养素不仅对自身代谢途径相关基因表达进行调节,而且还调节其他营养素代谢途径相关基因的表达。

(4)营养素调节细胞增殖、分化及与机体生长发育的正常生理的基因表达。

(5)调节致病基因的表达。营养素可在基因表达的所有水平上对其进行调节,但绝大多数发生在转录水平上。营养素对基因表达的调控主要是以其本身或代谢产物作为信号分子,作用于细胞表面受体或直接作用于细胞内受体,激活细胞信号转导系统,并与转录因子相互作用激活基因表达或直接激活基因表达。其主要途径有:①cAMP或cGMP蛋白激酶途径;②酪氨酸激酶系统;③离子通道;④磷酸肌苷酸介导的途径;⑤细胞内受体途径。

(二)几种营养素对基因表达的影响

1.碳水化合物对基因表达的影响

碳水化合物对基因表达的调控作用,主要是通过葡萄糖刺激脂肪组织、肝脏和胰岛β细胞

中的脂肪合成酶系和糖酵解酶系基因的转录。

(1)外来葡萄糖调控磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶(PEPCK)基因的表达

磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶是肝糖原异生的关键酶,因此,该酶是决定机体内血糖恒定的关键所在。影响PEPCK功能的重要因素是编码PEPCK基因的表达量的稳定。有研究发现,当动物进食大量糖类时,肝中PEPCK基因的转录受到抑制,则糖异生功能下降,使血糖保持在一个安全的生理范围。

(2)碳水化合物对脂肪酸合成酶基因表达的调控

机体内脂肪酸合成过程中有3个关键酶,分别是脂肪酸合成酶(FAS)、乙酰CoA羧化酶(ACC)、ATP-柠檬酸裂解酶(ATP-CL)。大量摄取碳水化合物可提高肝脏中这3个关键酶基因的mRNA水平,从而增加酶活性(Girard,1994)。给刚断乳仔鼠饲喂淀粉,数小时后即可检测到肝脏和脂肪组织中FAS和ACC的高含量mRNA(Coupe等,1990);若在刚断乳小鼠饲料中加入α-葡萄糖苷酶阻断剂,使淀粉不易水解成葡萄糖,则FAS和ACC mRNA表达显著降低。如给禁食后的成年鼠喂饲高碳水化合物、低脂肪饲料时,脂肪酸合成酶系的基因表达增强。

2.不同蛋白质含量对基因表达的影响

Mildner(1991)研究表明,高蛋白饲料会抑制猪脂肪组织中FAS基因的表达。分别用含14%、18%和24%蛋白质的饲料喂养60~110kg猪,其脂肪组织中FAS mRNA的含量分别下降了8.14%,18%和24%。由此可见,膳食蛋白质影响脂肪组织中FAS基因的表达。

3.脂肪对基因表达的调控

过去营养学界都只是认为脂肪对机体的影响主要是从代谢层面而言,随着分子营养学的研究发现,膳食脂肪,更确切地说是膳食脂肪分解后的游离脂肪酸,通过直接调控相应基因表达,对代谢、生长发育以及细胞分化等发挥重要的调节作用。在所有的脂肪酸中,主要是$n-3$和$n-6$系列的多不饱和脂肪酸(PUFA)与基因调节之间的关系最为密切。

脂肪被肝脂酶和脂蛋白酶水解释放出游离脂肪酸,经过膜转运载体进入细胞内。多数脂肪酸与相应的蛋白质,如脂肪酸结合蛋白(fatty acid binding protein,FABP),以非共价键形式结合;一部分经脂酰辅酶A(FA-CoA)合成酶催化形成FA-CoA;另一部分仍以游离形式存在。在细胞内FA-CoA和游离脂肪酸可以以极低的浓度($<10\mu mol/g$),调节基因的表达。

4.脂肪酸调控肉碱棕榈酰转移酶(CPT)基因的表达

体内的脂肪酸是不能够直接进入细胞进行氧化的,必须先转化为脂酰CoA后,再经由肉碱棕榈酰转移酶(存在Ⅰ和Ⅱ型)的转运才能够进入肝脏细胞进行氧化。在脂肪酸氧化过程中,包含生成酮体的一个途径,这个途径在体内很重要,可以节约机体葡萄糖的使用。在此途径中3-羟基-3-甲基-戊二酰CoA合成酶(HMG-CoA)是其限速酶。长链脂肪酸可以调节肝细胞中肉碱棕榈酰转移酶Ⅰ型(CPT Ⅰ)和HMG-CoA的基因表达,使其mRNA的水平提高2~4倍(Chatelain等,1996)。在各种脂肪酸中,多不饱和脂肪酸对基因表达的控制更为明显。与棕榈酸和油酸相比,亚麻酸使CPT Ⅰ mRNA水平提高2倍,将其半衰期延长50%。

5.脂肪酸对脂肪合成酶基因表达的调控

多不饱和脂肪酸可显著抑制脂肪酸合成酶基因的转录,并诱导脂质氧化酶基因等的转录。脂肪酸合成酶(fatty acid synthetase,FAS)基因、S14基因等参与脂质合成的基因。Clarke等(1990)研究发现,多不饱和脂肪酸可使大鼠肝脏中FAS mRNA水平降低75%~90%,鱼油比红花油更有效,见表12—8。Nobuko和Iritani等(1998)在培养的肝细胞中添加紫苏子油(富含

$n-3$ 多不饱和脂肪酸)时,FAS,ACC,ATP - CL 等的 mRNA 丰度显著降低。

表 12—8　鱼油对脂肪酸合成酶基因表达的影响

基因转录物	脂肪酸来源		
	鱼油	软脂酸甘油酯	P 值
FAS - 17	0.8 ±0.5	14.57 ±1.3	0.001
FAS - 1	1.6 ±1.2	25.2 ±6.1	0.013
PEPCK4	68.8 ±28.1	74.6 ±19.3	0.874
B - Actin	1.7 ±0.5	1.6 ±0.7	0.879

注:FAS - 17 和 FAS - 1 表示使用两种不同的 cDNA

PUFA 调节基因表达的机制包括 PPAR 非依赖性或 PUFA 特异性的调节机制和 PUFA - PPAR(核受体转录因子)依赖性的调节机制。过氧化物酶体增殖剂激活受体(peroxisome proliferator activated receptor,PPAR)可作为核受体又是调节基因转录的转录因子,它可以受到脂肪酸的活化。根据 PPAR 开放阅读框推测出的氨基酸序列表明,其结构上有激素受体的特征,即一个配体结合区和一个锌指 DNA 结合区。配体结合区是与脂肪酸等配体结合的部分,配体与受体的这种结合可活化受体(即 PPAR);DNA 结合区是与基因上的 DNA 特异反应元件相结合的部分,通过这种特异性结合,调节基因转录。已发现编码微粒体酰基辅酶 A 氧化酶、肉碱软脂酰转移酶、脂酰 CoA 合成酶、线粒体 HMG - CoA 合成酶、脂蛋白脂肪酶和脂肪酸结合蛋白的基因上都存在有 PPAR 反应元件(PPAR - REs)。另外,PPAR 常与类维生素 A 的 X 受体(retinoid X receptor,RXR)形成异源二聚体,共同作用于 PPAR - REs。当 PPAR 与 RXR 形成异源二聚体时,可增加 PPAR 与 PPAR - REs 的结合能力。同时,PPAR 与 PPAR - REs 的结合还需要类固醇受体辅助激活剂 1(steroid receptor coaactivator 1,SRC1)和 PPAR 结合蛋白(PPAR binding protein,PBP)等辅助激活因子的共同参与。因此,脂肪酸调节基因转录的途径为

脂肪酸(或其代谢产物)→PPAR 和 RXR 参与下 PPAR - RXR 异源二聚体 SRC1 和 PBP - PPAR - RE →基因表达水平改变。

6. 微量元素在基因表达中的调控作用

(1)Zn 对基因表达的调控作用

锌作为动物体的一种必需微量元素,具有增强机体免疫功能、促进细胞增值分化、参与核酸蛋白质代谢、维持细胞周期正常进行等生物学功能。过去人们认为,锌的上述作用是由于锌是某些代谢酶的活性中心所致。近年来的研究为锌的作用找到了理论根据。其实,锌主要是通过对基因的转录和表达的影响而产生一系列的生物学效应。

Michelsen(1993)认为,锌离子是 DNA 聚合酶的一个重要组成成分,锌对于维持 DNA 聚合酶的活性至关重要。此外,锌可影响 RNA 聚合酶活性及转录因子的作用,引起基因转录异常,最终使蛋白质表达异常。McNall(1995)发现低锌限制动物生长的直接原因是因为低锌抑制了体内 IGF - I、GH 受体、GH 结合蛋白等基因的表达。

Zn 调节基因表达的主要作用方式是通过 Zn - 核酸结合蛋白家族来完成的,此家族包括锌指结构、锌簇结构和锌扭结构。

(2)铁对基因表达的调控

Fe可以铁效应元件结合蛋白(IRP)来调节基因表达,它可以调节编码铁蛋白(Fn)的mRNA翻译和编码转铁蛋白受体(TfR)的mRNA降解(Fn和TfR是调节Fe代谢的主要基因)。当细胞内的Fe耗竭时,TfR转录子稳定性增加,mRNA降解减缓。Zahringer等(1986)认为铁可以通过控制mRNA的稳定性和翻译过程调节铁蛋白的水平。

7. 维生素在基因表达中的调控作用

Zheng等(2001)报道,维生素A的不足降低了日本鹌鹑肝脏、心脏、肺等组织IGF-1基因的表达,促进了IGF-1受体和胰岛素受体基因的表达。1,25-$(OH)_2$-VD_3具有维持体内钙磷代谢和促进多种组织细胞生长、分化等生理功能。这些作用主要通过活化细胞核内受体,即维生素D受体(VDR),当1,25-$(OH)_2$-VD_3与细胞核内特异性受体结合后,再与特异性DNA结合,从而增强相应靶基因的转录水平来实现维生素D_3的功能。

三、基因多态性与个体营养

DNA结构在不同种类的生物体内存在很大差异,而在同种生物不同个体之间,DNA的结构虽有很大的同源性,但也存在差异。DNA的结构差异包括DNA序列差异和DNA序列长度差异,多数发生在不编码蛋白质的区域及没有重要调节功能的区域,少数发生在蛋白质编码区及调节基因表达的区域。当碱基突变发生在基因序列,产生一个基因的一种以上不同形式(又称一个基因的不同基因型),且在人群中的发生率超过1%时,称为基因多态性。基因多态性如存在于和营养素有关的基因中,则会导致不同个体对营养素吸收、代谢和利用的差异。最终导致个体对营养素需要量的不同。例如,维生素D受体基因多态性对钙吸收及骨密度的影响;亚甲基四氢叶酸还原酶基因多态性对叶酸需要量的影响;载脂蛋白基因多态性对血脂代谢的影响等。

四、营养素与基因相互作用在营养不良疾病发生与控制中的作用

遗传因素和环境因素相互作用,共同影响着人类的健康和疾病的发生,其中营养素作为环境中的重要因素之一,与遗传因素(基因)相互作用而导致疾病的发生,主要包括先天代谢性缺陷和慢性疾病。营养素、基因和疾病的关系主要有以下5种模式:

模型Ⅰ,基因型决定了某种营养素是危险因素,该危险性营养素导致疾病的发生,如苯丙酮尿症即为此型。

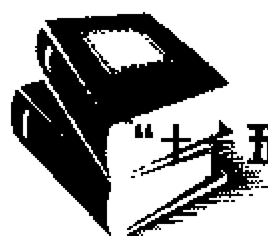
模型Ⅱ,营养素直接导致疾病,基因型不直接导致疾病,而在营养素导致疾病过程中起促进或加重作用,如过量摄取维生素A或D引起中毒。

模型Ⅲ,基因型直接导致疾病、营养素不直接导致疾病,而在基因型导致疾病的过程中起促进或加重作用。

模型Ⅳ,营养素与基因型相互作用,共同导致疾病,二者均是导致疾病危险性升高所必需的,如葡萄糖-6-磷酸-1脱氢酶缺乏所导致的疾病。

模型Ⅴ,营养素和基因型均可单独影响疾病的危险性,二者同时存在,可明显增加疾病的危险性。

在单基因突变所致的某些先天性代谢缺陷性疾病中,营养素与基因之间的相互作用的关系已经非常清楚,而在多种基因疾病中,如肥胖病、冠心病、骨质软化病、肿瘤等,虽然已经发现



了一些营养素与基因之间作用的一些证据,但目前还无法明确它们之间具体的细节问题,随着人类基因组计划的不断深入以及分子营养学的发展,人们最终可以搞清营养素与基因、慢性病的相互关系,人类最终将会征服慢性病。



思考题与习题

1. 简述各类营养素与人体免疫力的关系。
2. 日常生活中应如何改善膳食结构,调整机体免疫力?
3. 食品中的致癌物质常见的有哪几类?
4. 简述膳食营养与肿瘤发生的关系。
5. 简述肿瘤的饮食防治原则。
6. 什么是原发性高血压和继发性高血压?
7. 哪些膳食因素影响原发性高血压?
8. 高血压患者的饮食治疗原则是什么?
9. 简述糖尿病的发病机制。
10. 简述膳食营养与糖尿病的关系。
11. 简述糖尿病的饮食原则。
12. 动脉粥样硬化患者的饮食原则有哪些?
13. 简述膳食因素与动脉粥样硬化的关系。
14. 简述肥胖的定义与诊断方法。
15. 简述肥胖的形成原因以及对机体的危害。
16. 肥胖的预防与治疗原则是什么?
17. 简述冠心病、高血压、糖尿病的营养防治原则。
18. 常见的营养相关性癌症及食物中的主要抗癌因素有哪些?
19. 简述分子营养学的定义及分子营养学的主要内容。

第十三章 食品新资源的开发利用

学习目的与要求

1. 掌握绿色食品的基本概念、熟悉绿色食品的特征，了解绿色食品的标准。
2. 熟悉藻类食品、昆虫食物、单细胞蛋白新型食品的构成与营养价值特性。
3. 了解畜禽血类食品的主要营养成分特点。

第一节 绿色食品

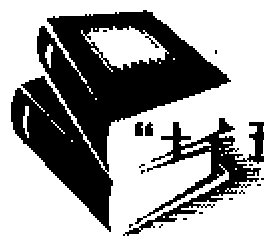
回顾20世纪以来社会和经济发展的历程，人类已清醒地认识到工业化的推进和现代农业的发展为人类创造了大量的物质财富，但也给人类带来了诸如资源衰竭、环境污染等副产品，严重影响了人类自身的生存和发展。未来经济和社会必须走可持续发展的道路。农业是对自然依赖性和影响力最大的经济部门，尤其要走可持续发展的道路。尽管各国实现社会经济可持续发展的方式不同，但目标是一致的：建立节约资源的生产系统，保护资源和环境；实施清洁生产，提高食物质量，增进人体健康；实现经济效益、生态效益和社会效益同步增长。这就是在可持续发展潮流下中国发展绿色食品的背景。

1990年5月15日，中国正式宣布开始发展绿色食品，到现在经历了15年多时间，其间在中国不仅建立和推广了绿色食品生产和管理体系，而且还取得了积极的成效。中国绿色食品事业经历了以下发展过程：提出绿色食品的科学概念→建立绿色食品生产体系和管理体系→系统组织绿色食品工程建设实施→稳步向社会化、产业化、市场化、国际化方向推进。

一、绿色食品的定义和特征

绿色食品，是指遵循可持续发展原则，按照特定生产方式生产，经专门机构认定，许可使用绿色食品标志，无污染的安全、优质、营养类食品。“按照特定生产方式生产”，是指在生产、加工过程中按照绿色食品的标准，禁用或限制使用化学合成的农药、肥料、添加剂等生产资料及其他可能对人体健康和生态环境产生危害的物质，并实施“从土地到餐桌”全程质量控制。这是绿色食品工作运行方式中的重要部分，同时也是绿色食品质量标准的核心；“经专门机构认定，许可使用绿色食品标志”是指绿色食品标志是中国绿色食品发展中心在国家工商行政管理总局商标局注册的证明商标，受《中华人民共和国商标法》保护，中国绿色食品发展中心作为商标注册人享有专用权，包括独占权、转让权、许可权和继承权。未经注册人许可，任何单位和个人不得使用；“安全、优质、营养”体现的是绿色食品的质量特性。绿色食品分为A级和AA级，AA级绿色食品与有机食品遵守相同的原则和标准。

自然资源和生态环境是食品生产的基本条件，由于与生命、资源、环境相关的事物通常冠



之以"绿色",为了突出这类食品出自良好的生态环境,并能给人们带来旺盛的生命活力,因此将其定名为"绿色食品"。

无污染、安全、优质、营养是绿色食品的特征。无污染是指在绿色食品生产、加工过程中,通过严密监测、控制,防范农药残留、放射性物质、重金属、有害细菌等对食品生产各个环节的污染,以确保绿色食品产品的洁净。绿色食品的优质特性不仅包括产品的外表包装水平高,而且还包括内在质量水准高;产品的内在质量又包括两方面:一是内在品质优良,二是营养价值和卫生安全指标高。

为了与一般的普通食品区别开,绿色食品由统一的标志来标识。绿色食品标志由特定的图形来表示。绿色食品标志图形由三部分构成:上方的太阳、下方的叶片和蓓蕾。标志图形为正圆形,意为保护、安全。整个图形描绘了一幅明媚阳光照耀下的和谐生机,告诉人们绿色食品是出自纯净、良好生态环境的安全、无污染食品,能给人们带来蓬勃的生命力。绿色食品标志还提醒人们要保护环境和防止污染,通过改善人与环境的关系,创造自然界新的和谐。

绿色食品与普通食品相比有三个显著特征:

(1)强调产品出自最佳生态环境。绿色食品生产从原料产地的生态环境入手,通过对原料产地及其周围的生态环境因子严格监测,判定其是否具备生产绿色食品的基础条件。

(2)对产品实行全程质量控制。绿色食品生产实施"从土地到餐桌"全程质量控制。通过产前环节的环境监测和原料检测,产中环节具体生产、加工操作规程的落实,以及产后环节产品质量、卫生指标、包装、保鲜、运输、储藏、销售控制,确保绿色食品的整体产品质量,并提高整个生产过程的标准化水平和技术含量。

(3)对产品依法实行标志管理。绿色食品标志是一个质量证明商标,属于知识产权范畴,受《中华人民共和国商标法》保护,并按照《商标法》、《集体商标、证明商标注册和管理条例》和《农业部绿色食品标志管理办法》开展监督管理工作。

二、绿色食品的标准

绿色食品创立了"以技术标准为基础,质量认证为形式,商标管理为手段"的运行模式,实行质量认证制度与证明商标管理制度相结合。绿色食品标准参照联合国粮农组织(FAO)与世界卫生组织(WHO)的国际食品法典委员会(CAC)标准以及欧盟、美国、日本等发达国家标准制定,整体上达到国际先进水平。绿色食品认证按照国际标准化组织(ISO)和我国相关部门制定的基本规则和规范来开展,具备科学性、公正性和权威性。绿色食品标志为质量证明商标,依据我国《商标法》、《集体商标、证明商标注册和管理办法》和《农业部绿色食品标志管理办法》等法律法规来监督和管理,以维护绿色食品的品牌信誉,保护广大消费者的合法权益。

绿色食品标准是绿色食品认证和管理的依据和基础,是整个绿色食品事业的重要技术支撑,也是全体从事绿色食品工作的劳动者长期经验总结和智慧结晶。绿色食品标准是应用科学技术原理,结合绿色食品生产实践,借鉴国内外相关标准所制定的,在绿色食品生产中必须遵循,在绿色食品质量认证时必须依据的技术性文件。

绿色食品标准是由农业部发布的推荐性农业行业标准(NY/T),是绿色食品生产企业必须遵照执行的标准。绿色食品标准分为两个技术等级,即AA级绿色食品标准和A级绿色食品标准。

绿色食品标准以"从土地到餐桌"全程质量控制理念为核心,由以下4个部分构成:

(1)绿色食品产地环境标准,即《绿色食品产地环境技术条件》(NY/T 391);

(2)绿色食品生产技术标准；

(3)绿色食品产品标准；

(4)绿色食品包装、贮藏、运输标准。

绿色食品按照"从土地到餐桌"全程质量控制的技术路线，创建了"两端监测、过程控制、质量认证、标识管理"的质量安全保障制度。重点监控4个环节：一是产地环境的监控，由环境监测机构依据环境质量标准对产品及原料产地环境实施监测和评价；二是生产过程的管理，要求农户和企业严格按照生产操作规程和技术标准组织生产；三是产品质量的检测，由产品检测机构依据产品质量标准对产品实施检测；四是包装标识的规范，要求产品包装标识符合相关设计规范。绿色食品标准体系如图13—1所示。

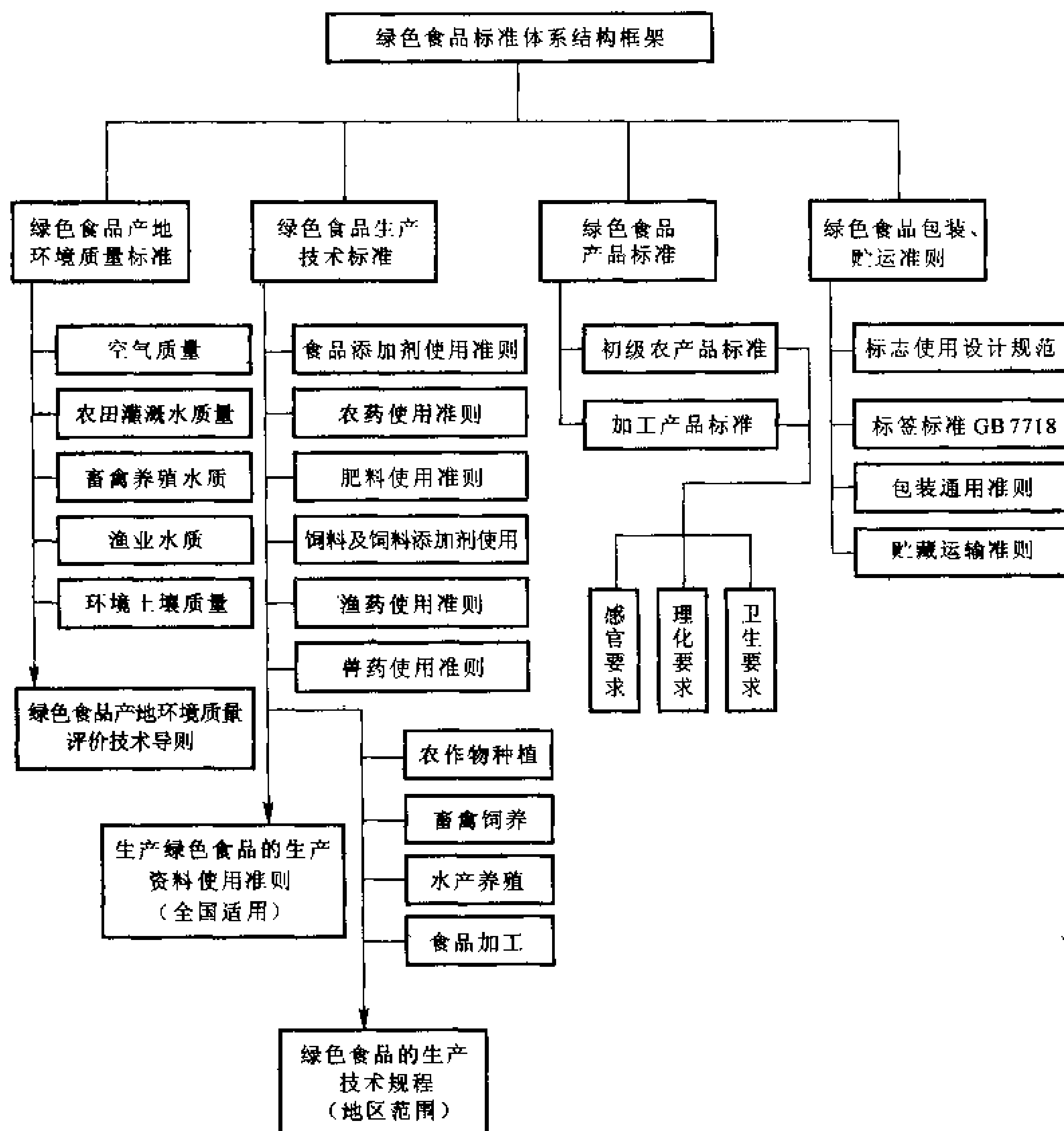
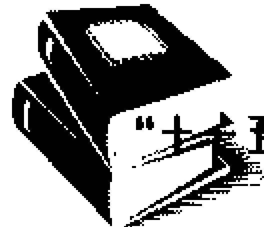


图13—1 绿色食品标准体系图



参照欧盟、美国、日本等国家和地区以及世界食品法典委员会(Codex)农产品及食品质量安全标准,结合中国国情制定了绿色食品产地环境标准、肥料、农药、兽药、水产养殖用药、食品添加剂、饲料添加剂等生产资料的使用准则,全国7大地理区域、72种农作物绿色食品生产技术规程和一批绿色食品产品标准及AA级绿色食品认证准则等,绿色食品"从土地到餐桌"全程质量控制标准体系已初步建立和完善。目前,通过农业部颁布的绿色食品行业标准共计79项。

1996年,中国绿色食品发展中心在中国国家工商行政管理局商标局完成了绿色食品标志图形、中英文及图形、文字组合等4种形式在9大类商品上共33件证明商标的注册工作;农业部制定并颁布了《绿色食品标志管理办法》,标志着绿色食品作为一项拥有自主知识产权的产业在中国的形成,同时也表明中国绿色食品开发和管理步入了法制化、规范化的轨道。

为了扩大绿色食品标志商标产权保护的领域和范围,绿色食品标志商标相继在日本国和香港地区开展注册;为了扩大绿色食品出口创汇,中国绿色食品发展中心参照有机农业国际标准,结合中国国情,制订了AA级绿色食品标准,这套标准不仅直接与国际接轨,而且具有较强的科学性、权威性和可操作性。另外,通过各种形式的对外交流与合作,以及一大批绿色食品进入国际市场,中国绿色食品在国际社会引起了日益广泛的关注。

1993年,中国绿色食品发展中心(以下简称"中心")加入了有机农业运动国际联盟(IF-OAM),奠定了中国绿色食品与国际相关行业交流与合作的基础。目前,"中心"已与90个国家、近500个相关机构建立了联系,并与许多国家的政府部门、科研机构以及国际组织在质量标准、技术规范、认证管理、贸易准则等方面进行了深人的合作与交流,不仅确立了中国绿色食品的国际地位,广泛吸引了外资,而且有力地促进了生产开发和国际贸易。1998年,联合国亚太经济与社会委员会(UN ESCAP)重点向亚太地区的发展中国家介绍和推广中国绿色食品开发和管理的模式。近几年,围绕"扩大交流合作、促进对外贸易"两大工作主题,实施绿色食品国际化发展战略,取得了新的进展:

(1)国际认证合作进入了实施阶段。2003年,中心与瑞士通用公证行(SGS)、日本海外商品检验有限公司(OMIC)和日本有机与自然食品协会(JONA)三家在国际上有影响的认证机构签署了合作协议,2004年已启动了认证合作工作,同时还与英国古乃斯质量认证公司签署了意向合作协议。

(2)境外认证取得突破。2004年,中国绿色食品发展中心成功组织了对澳大利亚大麦局(ABB公司)啤酒大麦和芬兰维利奥(Valio)有限公司乳制品的跨国认证,其中,澳大利亚ABB公司20万吨啤酒大麦通过绿色食品认证,芬兰维利奥公司11个产品通过绿色食品认证。

(3)贸易推介效果明显。在农业部的大力支持下,2004年,中国绿色食品发展中心以日本、欧盟、中东等国家和地区为主要目标市场,全方位加大了贸易推介工作力度,不仅进一步扩大了绿色食品品牌的国际影响力,而且取得了较好的贸易成果。

三、绿色食品的发展前景

在我国已从根本上解决了农产品供给短缺问题之后,城乡居民对优质、安全食品的消费需求比以往更加迫切。近几年,绿色食品发展速度很快,这在一定程度上反映了广大消费者的需求变化。

绿色食品满足食品质量安全更高层次的需求,既是一项增进消费者身体健康、保护生态环境、具有鲜明社会公益性特点的事业,又能够有效地提高生产者的经济效益,因而采取政府推

动与市场运作相结合的发展机制。中国绿色食品发展中心现已在全国32个省、市、自治区委托了地方委托管理机构42个，定点委托绿色食品产地环境监测机构60个、绿色食品产品质量检测机构27个，从而形成了一个覆盖全国的绿色食品认证管理、技术服务和质量监督网络。

绿色食品是我国的一项开创性事业，经过十多年的探索，创立了"以技术标准为基础、质量认证为形式、商标管理为手段"的发展模式，在推动我国农产品质量安全认证、发展安全优质品牌农产品中起到了十分重要的示范带动作用。近年来，绿色食品事业遵循着保护生态环境、促进农业可持续发展，保障食品安全、增进消费者健康的宗旨和理念，按照产品无污染、安全、优质、营养的特定品质要求，实施"从土地到餐桌"全程质量控制的技术制度，坚持走"质量认证与商标管理相结合"、"政府推动与市场拉动相结合"的发展道路，保持了快速、健康的发展，打造出一个在国内外具有较高知名度和影响力的精品品牌。近年来，中国绿色食品已进入良性循环发展的轨道。2005年，绿色食品发展呈现出发展速度全面加快，总量规模有了明显扩大；产品质量监管力度加大，合格率稳中有升；大型基地建设取得突破，标准化生产能力不断提高；市场拉动力持续增强，品牌价值进一步提升等特点。2005年全年新认证企业1839家，产品5077个，全国有效使用绿色食品标志企业总数达到3695家，产品总数达到9728个；产品实物总量6300万吨，年销售额1030亿元，出口额16.2亿美元；环境监测的农田、草场、林地、水域面积653万公顷。同时，绿色食品管理得到了全面强化，各项监管工作深入推进，有力地保障了事业健康发展。绿色食品产品质量抽检合格率达98.3%，企业年检率达92%。

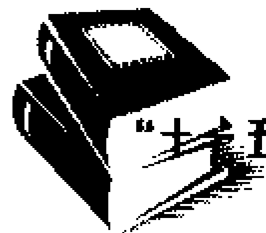
目前，中国农业正朝着高产、优质、高效、生态、安全的方向加快发展，城乡居民对安全优质农产品的消费需求也呈快速增长的态势，绿色食品具有广阔的发展前景和市场空间。从消费市场来看，今后20年是我国全面建设小康社会的关键时期。在保障农产品供给的基础上，开发安全优质农产品是一个基本趋势。现在，绿色食品品牌已在广大消费者心目中有较好的可信度，市场价值不断提升。从环境和条件来看，绿色食品已具备了加快发展的基础。"无公害食品行动计划"全面实施以来，绿色食品工作进一步受到各级政府的重视，推动力度加大。目前，发展绿色食品已成为我国农产品质量安全体系建设的重要内容，对全面提高我国农产品质量安全水平起到了推动作用。今后，随着我国农产品质量安全水平和城乡居民生活水平的不断提高，绿色食品将获得更大发展，市场份额将逐步扩大，品牌价值将进一步提升，在扩大我国农产品出口中也将发挥更加重要的作用。

第二节　藻类食品

海藻在生物学分类中的地位是低等的海洋隐花类植物，人们日常所吃的海带、紫菜、海苔、羊栖菜以及石莼、石花菜等都是海藻。海藻具有独特的风味和营养价值，作为营养食品的主要来源，在我国中草药医典中早有记载。海藻中所含的牛磺酸、不饱和脂肪酸、多种维生素、多种矿物质以及抗氧化物都能对人类的健康起重要作用。

一、藻类的食用价值

海洋藻类植物紫菜、龙须菜、裙带菜、羊栖菜、马尼藻、海带等，含有丰富的优质蛋白、氨基酸、维生素和人体必需的磷、镁、钠、钾、钙、碘、铁、硅、锰、锌等矿物质，其中有些成分是陆生蔬



菜所没有的。现代科学研究认为:经常食用海藻食物可有效地调节血液的酸碱度。因为海藻是含钙质极为丰富的碱性食物,有利于调节体液的偏酸性,避免体内的碱元素,如钙、锌等因酸性中和而被过多消耗。经常吃海藻食物可使体液保持弱碱性,于健康有利,并对高血压、糖尿病、癌症等多种疾病有辅助治疗作用。专家研究还发现,人体缺碘不但可以引起甲状腺肿大,而且还能诱发甲状腺癌、乳腺癌、卵巢癌、子宫颈癌、子宫肌瘤等,其原因与体内长期缺碘有关。因此,专家建议,中老年妇女要适时补充碘,更多地食用含碘丰富的海藻类食物。卫生部碘缺乏病专家提出了每周喝一次紫菜汤是最物美价廉的补碘方法。

海藻类食品不但能防治碘缺乏症,而且对高脂血症、肥胖等也有辅助疗效。海藻类食物基本上都属于蛋白质含量较高而脂肪含量很少或极少的食物,而且含有大量纤维素,食用少量后即有饱胀感。例如每100g海藻类食物的蛋白质含量分别是:海带8.2g、紫菜28.2g。每100g海藻类食物的脂肪含量为:海带0.5g、紫菜0.5g。因此,海藻类食物可以作为肥胖病人的减肥食品。

海藻还可以作为糖尿病人的充饥食品,因为它不含糖分;另外,海藻作为高血压、心脏病患者的保健食品也有极好的保健效果。海藻中含有多种微量元素,如铁、锌、硒、钙等,这些元素都与人的生理活动有着密切联系,其中铁是人体造血功能必不可少的,锌有助于儿童的智力发育,钙可以使人的骨骼强健,而近年来的研究表明,硒可以防止癌症的产生,增强人体的免疫机能。因此,不管是老年人还是青年人,食用海藻都能够强身健体、防病治病。

此外,营养学家还发现,海藻能有选择地清除汞、镉、铅等重金属致癌物。海藻富含膳食纤维,其中可溶性膳食纤维的比例很高。膳食纤维许多明显的生理功能与其理化特性有关。同时,海藻类食物所富含的纤维素也难以被消化吸收,食后使胃肠蠕动增加,肠管及时排空,保持大便通畅,预防便秘,更有利体内有害物质的排泄。

(一)海带

海带为海带科多年生大型褐藻,生于较冷的海洋中,在我国多分布于山东、辽宁一带沿海地区,现在已经有人工养殖。对于海带我们并不陌生,它是百姓餐桌上的常客,炖、炒、凉拌,吃法多样,营养丰富。干海带中含碘约0.27%~0.72%,含钙约1.06%、含胡萝卜素约0.042%~0.77%(鲜品中含1.23%~1.71%)、含维生素$B_2$810μg/100g,此外其还含有维生素C、氨基酸和铁、锌、镁、磷、铜、硒等微量元素。在所有的海藻类食品中,海带的含碘量最高,是防治碘缺乏病的最佳食物。除此之外,它还有乌发、美肤的保健功用。现代医学研究认为,海带对高血压、高脂血症、冠心病等疾病有一定的辅助疗效。营养学家认为,海带中所含的热量较低,胶质和矿物质较高,易消化吸收,吃了后不用担心发胖,是女性理想的健康食品。

昆布是翅藻科多年生的大型褐藻。它的叶体扁平,暗褐色,边缘有粗锯齿,似羽毛状,质地比海带要薄。昆布多分布于我国福建、浙江的沿海。如今,人们已经把昆布与海带归为一类,市面上出售的干海带中既有海带也有昆布。昆布含碘0.28%,粗蛋白9.97%,钾4.92%,营养成分和保健功用与海带相似。

(二)裙带菜

裙带菜也是翅藻科多年生褐藻,长约1~2m,宽可达1m,藻体黄褐色,叶面宽,边缘有皱纹,状如裙带,故得名。裙带菜是一年生的褐藻,可供食用,也可以用来提取工业原料。它在我

国的分布比较广泛，福建、浙江、辽宁等沿海地区均有出产，其中以嵊泗海区为最多。裙带菜含碘、钙均为约1.8%，褐藻酸26.5%，维生素$B_2$200～1000μg/100g，维生素$B_1$20.7μg/100g，还含有多种氨基酸和微量元素。市场上出售的裙带菜有盐干品和淡干品，以体长、叶宽、青褐色、无杂质者为佳，淡干品保存期稍短。裙带菜味道鲜美，含碘量也很高。此外裙带菜还有一些其他作用。日本的研究认为，裙带菜具有阻碍人体吸收尼古丁的功能，这对香烟瘾君子和被动吸烟者无疑是个好消息。研究还发现，裙带菜中的营养素对改善抵抗力降低、毛发脱落、皮肤干枯等症状有益。裙带菜中还含有大量多糖如褐藻酸，实验证明褐藻酸有削弱癌细胞的生长活动的作用。裙带菜还有含量较多的食物纤维，对便秘有效。裙带菜的食用方法较简单，与海带相似，煮汤（与豆腐同煮效果更佳）、凉拌、炖肉、炒菜均可。

（三）紫菜

紫菜是红毛菜科植物甘紫菜的叶状体。它的叶体一般长约15～20cm，成熟以后呈深紫色。紫菜一般生于海湾内，我国江苏连云港以北的黄海和渤海均有出产，也有人工栽培的。每100g干紫菜含碘180mg，含蛋白质24.5%、粗纤维3.4%、钙330mg%、磷440mg%、铁32mg%、胡萝卜素1.23mg、维生素$B_1$0.44mg、维生素$B_2$2.07mg、维生素PP 5.1mg，它是一种含碘量高且营养丰富的海藻。紫菜中还含有大量的牛磺酸，其质量分数超过藻体干质量的1.2%。牛磺酸对促进婴儿大脑发育及儿童的生长发育、抗氧化、抗衰老都具有良好的功效。紫菜多糖属半乳聚糖硫酸酯，主要由半乳糖、3,6－内醚半乳糖和硫酸基等组成，占紫菜干质量的20%～40%，是紫菜的主要成分之一。紫菜多糖的结构与琼胶类似，是由3－连接的β－*D*－半乳糖和4－连接的α－*L*－半乳糖单位交替连接而成的糖链。近年来的研究显示，紫菜多糖具有多种生物活性。藻胆蛋白是藻红蛋白、藻蓝蛋白和别藻蓝蛋白等的总称，是某些藻类特有的捕光色素蛋白。藻胆蛋白在紫菜中含量较多，大约占紫菜干质量的4%左右。条斑紫菜R－藻红蛋白能与胰岛素抗体发生免疫结合反应，具有降血糖应用前景。由于紫菜质地柔软，与海带等的口感不同，所以吃法上也不一样。但是应该注意，过食紫菜易引起腹胀。

二、藻类的药用价值

关于海藻的医学价值，早在《神农本草经》、《名医别录》、《本草纲目》里都有记载。食药两用的藻类有紫菜、海带、江蓠、麒麟菜和发菜等，如卡拉胶、琼胶等可作为通便剂和胶合剂等。

冠心病的流行病学调查发现，海边渔民的患病率普遍较低。这可能与其食用海产食物较多有关。近年来，海洋植物药学有了很大的发展，许多海藻类的提取物，如藻酸双酯钠、褐藻淀粉硫酸酯等，在冠心病的防治方面显露出它们的作用。

实验和临床研究证明，海藻提取物具有多方面的生理功能，它能有效地降低血脂和血液凝固性，抗血小板凝集，改善血液流变学指标，提高血中高密度脂蛋白水平，从多方面起着预防冠心病及心肌梗塞的作用。专家们研究发现，褐藻淀粉硫酸酯能显著降低血脂，并且有提高高密度脂蛋白的作用。藻酸双酯钠则有抗凝、抗血小板聚集的作用可防止微血栓形成。临床上广泛应用于冠心病心肌梗塞的防治，收到良好的效果。

海藻中的活性多肽，其功能同胰岛素相似，对糖尿病患者有较好的治疗和保健功能，海藻中的优质蛋白质和不饱和脂肪酸正是糖尿病、高血压、心脏病患者所需要的。海带中的甘露醇有脱水利尿作用，可治肾功能衰竭、药物中毒、老年性水肿。紫菜中的牛磺酸对保护视力和老



年人大脑起重要作用。条斑紫菜多糖具有增强免疫功能、抗衰老、抗凝血、降血脂、抑制血栓形成等作用。对紫菜多糖的研究也表明紫菜多糖具有抗氧化和抗衰老作用。海藻中的碘是甲状腺功能低下者的最佳治疗食物。海藻还能滤除锶、镭、镉、铅等致癌物质,有预防癌症的功效。

三、藻类的工农业价值

海藻不仅可以作为食品、药物,还可以用于农业生产以及工业用途。海藻中含有吲哚乙酸、植物生长激动素、海藻酚等有机物质,用于种植业中作为肥料可以起到抗旱、抗盐碱渗透、耐寒、杀菌和促进生长作用。藻类死亡后沉积水底形成有机淤泥,是很好的肥源。将海藻制成肥料,不仅可降低成本、提高经济效益,还可以去除农药残留物对人体造成危害。轮藻、褐藻可直接做肥料、固氮蓝藻是很有希望的生物新肥源。海藻的表面有一层极为湿润的黏液,主要是用于退潮后保护海藻表面,防止日晒过度而造成死亡。根据这个原理,人们对这层黏液进行了研究,发现它是一种多糖类物质,具有极好的延展性能,将它制成化妆品,具有保湿、防晒的功效。红藻还是食品添加剂和特殊食物色素的潜在来源,应用生物技术已经获得了某些红藻特殊蛋白藻红素的制备,将藻红素作为食品色素具有一定的潜力。

海带除食用外,综合利用的价值也很大。海带的碘化物是各种火箭燃料不可缺少的添加剂。甘露醇和褐藻胶也有广泛的用途。褐藻胶是褐藻藻体中的一种胶状物,主要成分是褐藻酸的盐类。海带等褐藻是提取褐藻胶的主要原料。褐藻胶溶于水,粘度高,广泛应用于纺织、食品、造纸、铸造、石油等工业。目前,使用褐藻胶的食品有上百种。制做面包时,加入适量的褐藻胶,面包不仅色泽佳,体积膨大,而且口味好,储存的时间长。挂面加入褐藻胶后则不容易破碎。在冰激淋、雪糕、冰棒中加入一些褐藻胶,就能延缓冰的融化速度,并增强细腻、柔滑的口感。褐藻胶还可以用来生产代血浆、止血纱布和止血粉。琼脂也叫琼胶、冻粉,是从石花菜等红藻中提取出来的胶质,经冻结、干燥而成的。琼脂的主要成分是多聚半乳糖的硫酸酯。琼脂具有不易被细菌分解的特性,所以常用作细菌的固体培养基。琼脂也可以食用。

海藻还是造纸、纤维板及许多建筑工业材料的原料。硅藻土疏松多孔,容易吸附液体,既是生产炸药时作氯甘油的吸附剂,又是糖果工业最好的滤过剂,还是金属、木材的磨光剂等。

近十几年来,保健食品业研制了许多天然而非传统化学添加的产品,藻类产品便是其中之一。藻类种类繁多,且体型、构造、生殖尤其是化学成分各异,但大体上可分为微细藻类(单细胞)及大型藻类(海藻)两大部分。

微细藻类全球约有30 000种,但目前仅小球藻、螺旋藻、杜氏藻、红球藻和紫球藻等几种被用于商业用途,每年的产量也仅数千吨。如杜氏藻用以生产β-胡萝卜素为主,紫球藻因富含硫酸盐的多糖类,多作为食物纤维,而红球藻作为新兴的微细藻类产品,主要是作为补充营养品。

微藻工业在国内外迅速发展,目前以螺旋藻 Spirulina 作为食品进行大规模的培养,正在形成高潮,每年的产量在 3000t 左右。螺旋藻属于原核生物界中蓝藻门的螺旋藻属。螺旋藻蛋白质含量高,质量好,营养价值近似于肉粉,富含碘。磷、钾、钠和镁等矿物质,维生素含量丰富。每千克螺旋藻中含有β-胡萝卜素 1700mg,维生素 B_{12}1.6mg,泛酸钙 11mg,叶酸 0.5mg,肌醇 350mg,细酸 118mg,维生素 $B_6$3mg,维生素 $B_2$40mg,维生素 $B_1$55mg,维生素 E190mg。每千克螺旋藻含有钙 1050~4000mg,磷 7617~8940mg,钾13 305~15 400mg。螺旋藻内还含有 10%~20%的

藻兰素,具有多种酶和激素的功能,已用于食品和化妆品着色剂,还可用于癌症治疗,是一种新的抗癌药。人们还发现螺旋藻中含有类胰岛素、SOD等生物活性物质。最近的研究证明(罗海吉等,2000),螺旋藻可以降低血液中乳酸和尿素的水平,提高肌肉和肝脏中糖原的含量。孙国强(1997)研究证明,盐藻提取物(主要含β-胡萝卜素、α-胡萝卜素、维生素E和不饱和脂肪酸)能抑制肿瘤的生长,提高免疫力,抗氧化作用,并具有抗疲劳和耐缺氧作用。科学家认为,螺旋藻是人和动物理想的纯天然的优质蛋白食品,目前正以其营养成分齐全、价值高的特点逐渐成为一种食物资源。联合国粮农组织已将螺旋藻正式列入21世纪人类食品资源开发计划,我国也已将螺旋藻的研发列为工作重点。目前,我国的养殖条件为每平方米水面每天可产螺旋藻10~20g,总体而言,我国螺旋藻的研发已位居世界先进水平。

藻类是以天然无机物为培养基,以二氧化碳为碳源、氨等为氮源,通过光合作用进行繁殖的一类单细胞或多细胞蛋白。其蛋白质含量很高,氨基酸结构良好,并含有丰富的叶绿素等色素。单细胞藻类生长迅速,产量高,且能净化环境,是一种很有前途和广泛用途的蛋白质饲料资源。作为饲料蛋白来源的藻类主要有小球藻、盐藻和大螺旋藻。在有利气候下,年亩产干藻2700kg,相当于1.6t粗蛋白质。藻类的蛋白含量高,氨基酸利用率也较高,维生素和矿物质含量丰富,是优良的饲料资源。将海藻粉添加到饲料中,可以改善动物肉质、提高产量,并且能够提高成活率。根据对动物和人类的研究,藻类还有提高免疫力的作用。在发展"绿色饲料"的时代,合理利用藻类提高饲料质量和动物产品质量,具有较大的意义。

总之,海藻中含有多种与人类日常生活相关的活性物质,它是海洋中的初级生产力的代表,在海洋中的数量极多,且种类丰富。人类应该认识到海藻的价值,并充分加以利用,这样不仅可以保护人类的健康,还可以保护地球上的生物资源,促进人类生产生活的可持续发展。生命源于海洋,充分地利用海洋,才能使生命向前发展。

第三节 昆虫食品

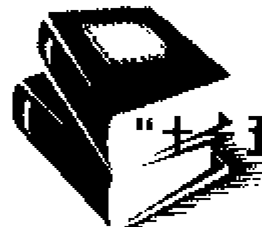
昆虫是地球上种类最多、数量巨大、食物转化率高、繁殖速度快的生物种群,人类很早就把它们当作食品、医药的一种重要资源。研究结果表明,以昆虫作为食品,有着十分悠久的历史,在3000多年前,中国就有食用昆虫的习俗。在国外,美国、墨西哥、意大利、日本、东南亚各国以及非洲的许多国家都有食用昆虫的习惯。近年来,随着地球人口的剧增,昆虫作为一种重要的食物资源被人们重新认识和重视,并广泛开展了昆虫食品的研究与开发。

一、昆虫的营养价值

大量的营养分析结果表明,食用昆虫含有丰富的人体所必需的营养物质,是一种良好的动物蛋白质来源。食用昆虫虫体粗蛋白含量较高,一般是其干重的31%~72%,超过一般畜禽、鱼、蛋的蛋白质含量。食用昆虫还含有多种人体必需的氨基酸,如苏氨酸、缬氨酸、赖氨酸、色氨酸、亮氨酸、异亮氨酸等,其中大多数指标达到或超过FAO/WHO标准值。

(一)蛋白质

昆虫体内的蛋白质含量十分丰富,无论供食用的虫态是卵、幼虫、蛹或成虫,其蛋白质含量一般为20%~70%,明显高于一般植物性食品,与动物性食品比较,含量也较高,一些种类如蜜



蜂蛋白质含量高达81%,负子蝽蛋白质含量可达73.5%,显著高于肉类、禽蛋类的蛋白质含量(表13—1)。另外,昆虫蛋白的氨基酸种类齐全,必需氨基酸含量在10%~30%,占氨基酸总量的35%~50%,比例适宜,易于被人体吸收利用。由此可见,昆虫蛋白是一种很好的蛋白质来源,可与其他食物蛋白相互补充,为人体提供丰富的蛋白质,以满足人体对必需氨基酸的需求。

表13—1 部分昆虫和牛肉、鸡蛋所含蛋白质的质量分数

种 类	蛋白质质量分数(%)	种 类	蛋白质质量分数(%)
牛肉	18.0	蟋蟀	65.0
鸡蛋	12.0	蜜蜂	81.0
蚕	52.0	蝗虫	58.4
蝇蛆	59.4	蚂蚁	42.0~67.0
蝉	72.0	负子蝽	73.5

(二)脂肪

许多昆虫含有丰富的脂肪。一般食用虫态为幼虫和蛹的脂肪含量较高,成虫的脂肪含量较低。脂肪含量一般在10%~50%,蝙蝠蛾幼虫的脂肪含量甚至高达77.17%(表13—2)。昆虫脂肪中亚油酸等不饱和脂肪酸比例大,人体必需脂肪酸含量较高,可与花生油、豆油等媲美。昆虫不能合成类固醇类物质,因此昆虫脂肪所含的类固醇类物质很少,其脂肪酸组成非常接近于鱼油,可作为天然的优质营养调和食用油。

表13—2 部分昆虫(干基)脂肪的质量分数

昆 虫	脂肪的质量分数(%)	昆 虫	脂肪的质量分数(%)
蝙蝠蛾幼虫	77.17	柞蚕蛹	31.25
米蛾幼虫	43.24	大白蚁	28.30
黄粉虫蛹	40.50	黄蜂虫成虫	19.23
柞蚕雄成虫	39.49	豆天蛾	15.44
黄星天牛幼虫	35.19	家蝇幼虫	12.61

(三)糖类物质

作为一种动物性食品,昆虫体内糖类物质含量较低,食用虫态不同,糖类含量稍有差异,一般在1%~10%。但昆虫体内糖类物质种类很多,除糖原、葡萄糖和果糖外,海藻糖的含量丰富,是多种昆虫血糖的主要成分。

(四)维生素

昆虫体内含有维生素A、胡萝卜素、维生素B_1、维生素B_2、维生素B_6,维生素D、维生素E、

维生素 K、维生素 C 等。如土垅大白蚁维生素 A 含量可达 25IU/g，维生素 D 为 85.4 IU/g，维生素 E 为 11.7IU/g；虫茶中维生素 C 的质量分数高达 150.4mg/kg；家蝇幼虫维生素 E 的质量分数为牛奶的 15 倍。

（五）矿物质

昆虫含有丰富的矿质元素，如 K，Na，Ca，Cu，Fe，Zn，Mn，P 等。多数昆虫体内 Ca 的含量很高，铜绿丽金龟体内 Fe 的含量极高，蚂蚁含有丰富的 Mn，Zn，Mg，Se 等多种人体所必需的元素，其含 Zn 量比大豆高 8 倍，比猪肝高 2 倍。

二、昆虫的生理活性物质与功能

（一）昆虫多糖

近年来的研究表明，昆虫体内的多糖类物质具有增强机体免疫能力的作用。冬虫夏草多糖是一种高度分支的半乳糖甘露聚糖，它能提高机体的免疫功能，对机体巨噬细胞的吞噬功能具有明显的激活作用，能促进淋巴细胞的转化。冬虫夏草多糖可提高血清的皮质酮含量，促进机体核酸及蛋白质的代谢，具有抑制肿瘤作用，它还能使脾脏明显增重，脾中浆细胞明显增多，具有一定的抗放疗作用。几丁质在昆虫体内广泛分布，是一种天然高分子化合物，为乙酰氨基葡萄糖，又称为甲壳素，其中的可溶性甲壳素，称为壳聚糖或聚氨基葡萄糖，是一种低热量食品，具有很高的营养保健价值。由于它可生物降解，能螯合重金属离子，并具有良好的增黏作用和成膜性，尤其是它还具有良好的生物相容性、缓释性和对人体细胞较强的亲合性，因此近年来在医用缓释制剂、外科敷料、医用缝合线和防止术后腹腔黏连等领域的研究和应用发展较快。近几年的大量研究表明，不同分子量的甲壳素具有双向免疫调节、排出人体多余胆固醇、降血糖和降血压、抑制细胞的转移和扩散、强化肝脏机能促进胃肠道蠕动、清除体内自由基等功能，且食用安全。甲壳素对身体虚弱、病后康复、老年病及“亚健康状态”均有理想的保健预防作用，因而在国外被称为除糖、蛋白质、脂肪、维生素和矿物质之外的人体健康所必需的“第六生命要素”。

（二）昆虫抗菌肽

昆虫抗菌肽作为最早发现的一类抗菌肽，具有相对分子质量小、无免疫原性、热稳定性强、广谱杀菌等优点，应用于培育具有抗病虫害的作物新品种，以及代替抗生素成为无毒无公害的新型抗菌剂作为饲料添加剂使用，在农业、畜禽养殖业、医药及食品工业中显示出广阔的前景。

昆虫数量多、分布广，具有高度的适应能力和防御机制，1972 年瑞典科学家 Boman 等首先从天蚕蛹的免疫血淋巴中分离得到最早发现的高效抗菌肽天蚕素，后又从家蚕、柞蚕、蓖麻蚕及多种昆虫中分离到抗菌肽。目前已发现的昆虫抗菌肽有 170 多种，研究表明昆虫抗菌肽具有广谱抗菌性，对耐药菌株有明显的杀伤作用，同时对生物体的细胞无破坏性，无免疫原性，它的生成和释放是机体炎症反应的组成部分，是宿主防御细菌、真菌等病原微生物入侵的重要屏障。尽管昆虫抗菌肽在分子大小和氨基酸组成上各不相同，但其共同特点也相当明显，通常其相对分子质量小于 5000，具热稳定性，为碱性肽类物质，大部分形成 α 螺旋结构和 β 片层结构或二者的混合结构。根据昆虫抗菌肽分子的成分和结构特征，通常将其分为 4 类：①天蚕素类



(cecropions),这类抗菌肽以天蚕素为代表,由31~39个氨基酸残基组成,是具有2个双亲α螺旋结构的抗菌肽,相对分子质量约为4000,不易被胰蛋白酶、胃蛋白酶水解;②昆虫防御素(insect defensins);③富含脯氨酸残基的昆虫抗菌肽;④富含甘氨酸的抗菌肽等。国际上抗菌肽已经用于脑脊髓膜炎、幽门螺旋杆菌感染及抗真菌感染等的临床应用。

(三)抗冻蛋白

抗冻蛋白又被称为热滞蛋白,一般认为抗冻蛋白在脂肪体中合成,然后释放到血淋巴中通过氢键与冰晶连接阻止冰晶的进一步增长,从而降低体液的结冰点,增大熔点与冰点之间的差异,这种现象称为热滞现象。昆虫在生长发育过程中,不可避免地要遭受不利气候的影响,譬如酷夏、严冬。为了保护自身不受外界环境的伤害,昆虫要采取一定的防御策略。近年来,越来越多的越冬昆虫被认为以产生热滞蛋白作为其对低温适应的策略,这些昆虫不仅在体液中,而且在肠液和细胞内液中都有抗冻蛋白的产生。抗冻蛋白可用于人和动物的卵、精子、胚胎或肝脏等器官的超低温保存,改善其冷冻质量。Gabriel 等首次报导了在老鼠的心脏移植中,用抗冻蛋白低温保藏心脏从而成功地保护了心肌结构。Melanie 等的研究认为,抗冻蛋白具有稳定膜结构和细胞的功能。抗冻蛋白能够有效地防止卵母细胞在冷冻解冻中的损伤。冷冻的哺乳动物肝脏混以甘油和抗冻蛋白可达到额外的冷冻防护水平。抗冻蛋白可以对红细胞进行低温保存,对红细胞的保护效率与它们的热滞活性相关。

(四)其他功效成分

昆虫干扰素、昆虫甾体物质等生理活性成分主要存在于昆虫等超目的白蚁科、鼻白蚁科等蛹或成虫中,对癌细胞具有一定抑制的作用。昆虫卵如蚁卵等含有较丰富的磷脂,磷脂参与人体脂肪代谢,具有健脑、降血脂、清除胆固醇、治疗脂肪肝和肝硬化、防衰老等功效。昆虫激素也是一类很好的功能性基料,如保幼激素、蜕皮激素、脑激素可以从多方面调节机体的生长发育和新陈代谢、延缓机体衰老。蜂王浆含有类固醇激素和类似胰岛素激素物质,具有调节机体功能的作用。

三、昆虫资源的开发利用

世界上的昆虫约有100多万种,目前已知可食用的昆虫就达3650余种。据生物学家估计,全球昆虫总质量可能超过其他所有动物质量的总和,是人类生物量的10倍以上。昆虫蛋白质也是优质的新食物源,研究发现,几乎每一种可食昆虫都含有丰富的蛋白质,是一个微型营养库。如蜜蜂干体蛋白质含量高达81%,苍蝇为79%,蟋蟀76%,蝴蝶为71%,白蚁干物质竟有80%是蛋白质和脂肪,其热量价值比牛肉还高两倍。中华稻蝗的蛋白质含量占虫体干重的73.5%,其氨基酸组成与鸡蛋蛋白相似,称之为完全蛋白。中华稻蝗、蝉、柞蚕等的氨基酸含量分别占总氨基酸的47.73%,44.63%和46%,仅次于鸡蛋,高于猪、牛、鸡、鱼和大豆。

可以说,昆虫食物是人类较为理想的高营养食品,有望成为人类的重要保健食品来源。例如,黄粉虫蛋白就是优良的全价蛋白。经过生物技术处理后,再辅以其他原料制或黄粉虫酱油、补酒和冲剂等制品,具有安神、养心、健脾、通络活血等保健功能。蚕蛹含较高的蛋白质,且胆固醇含量很低,肉纤维少,易被人体吸收。同时蚕蛹含有3种特殊激素,具有独特的

保健益身的滋补作用，因而是开发老年食品的一种优质原料。蚯蚓不但营养丰富，而且有很高的药用价值。蚯蚓具有清热、祛风、通络、平喘、利尿等功效，可治疗高烧、高血压、哮喘、头痛、红眼、咽喉肿痛、小便不通、水肿、风湿和半身不遂等病症。据分析，蚯蚓粉含有解热碱、蚯蚓素和蚯蚓毒素等活性物质。将蚯蚓干粉加到饼干、面包、团条等食品中可起到增强免疫力和抗病的作用。近几年，蚂蚁食品日益受到人们的欢迎。白蚁的营养价值特别高，每100g白蚁能产生2341kJ的热量，而同等重量的牛肉只能产生719kJ。蚂蚁含有抗炎、抗风湿、抗溃疡等多种药效成份。近年来已经开发出拟黑多刺蚂蚁系列食品，主要有蚂蚁干品、蚂蚁滋补酒、蚂蚁茶类、蚂蚁口服液、蚂蚁菜肴等，其营养保健功能逐渐受到人们的认可。蜂产品主要有蜂蜜、蜂王浆、蜂胶、蜂蛹等。蜂蜜和蜂王浆广泛用于食品资源的开发，成为大众的医疗和保健品。天蛾幼虫和蛹的蛋白质、氨基酸、不饱和脂肪酸含量都很丰富。天蛾体内的γ-亚麻酸能有效治疗多种癌症，而α-亚麻酸有降血脂的功效。蝗虫是一种鲜美可口、营养价值很高的食物。蝗虫体内含有大量的蛋白质、脂肪、钙、磷、铁以及维生素A、维生素B等成份，蝗虫在祖国医学上早已被列为一味药物，它性味咸、平，无毒，具有补养作用。经常食用蝗虫可明显增强小儿体质，提高抗病能力，辅助治疗神经衰弱、失眠，促进肺结核、哮喘、百日咳等病症的愈合。

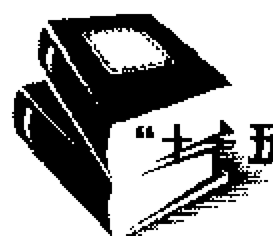
某些昆虫或其幼虫的食用性是众所周知的，而苍蝇的食用性却鲜为人知。苍蝇的幼虫（蛆）富含62%左右的蛋白质及各种氨基酸，从蛆壳中还可提取纯度很高的几丁质。目前，国内外对苍蝇的工业化开发兴趣浓厚，因为除了能为人类提供高蛋白质源和壳聚糖外，苍蝇还可用于研制医药产品。

昆虫将成为仅次于微生物和细胞生物的第三大类蛋白质来源，因为昆虫种类多、数量大、分布广、繁殖快、高蛋白、低脂肪、低胆固醇、营养结构合理，肉质纤维少，又易于吸收，优点突出，并优于植物蛋白，为世界各国所关注。随着世界人口愈来愈多和蛋白质供应日益短缺，昆虫将是解决这一问题的重要途径，应用生物技术完全可以大力开发某些昆虫高蛋白。食用昆虫也非常适合于开发功能性食品，目前可以从昆虫活体中提取活性蛋白、活性肽（包括抗菌肽）、活性多糖、复合脂质（昆虫精油）、抗癌活性物质及微量元素等用于功能性食品的生产。可以预料，随着研究和开发的进一步深入，昆虫食品作为典型的功能性食品和庞大的动物蛋白质来源，必将得到蓬勃的发展。

第四节 畜禽血与骨粉

畜禽血液是屠宰畜禽时所能收集到的血液，一般指猪、牛、羊、鸡、鹅血。畜禽血液营养丰富，蛋白质含量高达20％，且氨基酸组成平衡，是优质的蛋白来源，和肉相近，所以又被称为“液体肉”。祖国传统医学认为，血液是人的精气之本，血不足会导致包括大脑在内的其他器官受损。补血的方法多种多样，而“以血补血”是最有效的方法之一。近10年来，随着现代分析技术和分离加工技术的发展，国内外对畜禽血液利用的研究成为热点，特别是畜禽血液制品应用上的开发，即针对人类食用而开发的保健营养食品和食品强化剂以及医药工业上的应用。

中国人的饮食结构是以谷类为主，这种饮食习惯每天最多只能补充400～500mg钙。目前因缺钙而导致骨质疏松在我国老年人口中发病率近70%。处于生长发育时期的青少年因缺



钙引起的后果将更令人担忧。对骨粉的生理代谢研究表明，骨粉钙的吸收利用率优于活性钙，即骨粉的补钙生物学功效要比通常报导的其他补钙剂优越，加之目前人们崇尚自然和天然的趋势，对骨粉的研究与开发势在必行。

一、畜禽血的营养价值及功能

畜禽血中含有丰富的营养和生物活性物质，完全符合人类和畜禽机体的需要，是一种全价营养物质。血液的营养特性首先体现在蛋白质上，全血含有17% ~21%的蛋白质，干燥血粉的蛋白质含量达80%以上，是全乳粉的3倍。从氨基酸组成来看，血液蛋白质是一种优质蛋白质，其必需氨基酸总量高于人乳和全蛋，尤其是赖氨酸含量很高，接近9%。从蛋白质互补的角度来看，由于谷物蛋白质中赖氨酸含量低，蛋氨酸和胱氨酸含量高，异亮氨酸含量适当，血液的高赖氨酸含量使其成为一种很好的谷物蛋白的互补物，这对动物性蛋白资源相对贫乏的国家或地区改善膳食中总体蛋白质量很有意义。血红素铁是血液的另一种重要营养素，血红素由卟啉环和二价铁构成，每100g血液中铁的含量高达40mg以上，人体对这种铁的吸收率是无机铁的3倍，因此，血液中的卟啉铁对于改善由于食物中缺铁或吸收障碍性缺铁性贫血效果明显，亦可用于治疗铅中毒等。此外，血红素主要用作制备抗癌药物——血嘌呤衍生物的原料，制备生血补血营养保健品，各种贵重药品的补剂和食品着色剂、保鲜剂。血液中的蛋白质大部分为血红蛋白，存在于红血球中，占总蛋白质的80%。血蛋白粉具有强保水、结着及乳化能力，可用于灌肠、午餐肉和火腿肠的结着剂，防止脂肪析出，使产品有弹性，亦可作为蛋白源用于食品工业。血红蛋白的降解产物可制成氨基酸口服液、注射液以及复合液用于补充强化各种氨基酸。最近的研究发现，血红蛋白除了可作为血液代用品外，在肿瘤治疗、骨髓细胞造血、外科手术、抗休克、提高器官灌注和保存的效果等诸方面有良好的应用前景。

二、骨粉的营养价值及功能

动物骨含钙丰富，而且与人骨相似，人体骨骼细胞对相同组织细胞有较强的亲和力，因而利用率极高。鲜骨中含有丰富的蛋白质和脂肪酸，还有磷脂质、磷蛋白，能促进大脑神经的发育，有健脑增智的功效。鲜骨中含有的骨胶原、软骨素(黏多糖)等有滋润皮肤、养颜美容、抗衰老的作用，鲜骨中还含有大量维生素，特别是其含钙量极高，是牛肉的237 ~564倍，铁含量也很高，是牛肉的3 ~8倍。将鲜骨加工成骨粉同样具有丰富的营养成分，而且蛋白质含量较高，脂肪相对较低，属典型的高营养低热能食品。

骨粉的营养成分主要为水、蛋白质、脂肪和矿物质。在与其他营养价值较高的食品相比较中，前三种营养素相差不多，但骨粉中的矿物质含量显著高于其他食品，这是骨粉的独特之处，也是骨粉发挥其补钙生物学功能的关键因素。美国营养学会也将骨粉列为补充人体营养素、钙、磷、铁、锌等微量元素的营养保健食品。

(一)丰富的矿物质

骨粉中含有丰富的矿物质，最主要的是羟磷灰石晶体和无定型磷酸氢钙，在其表面还吸附了Ca^{2+}，Mg^{2+}，Na^{+}，Cl^{-}，HCO_3^{-}，F^{-}及柠檬酸根离子等。更为重要的是，骨粉中丰富的钙和磷是人体必需的常量矿物元素。骨粉中还有人体所必需的微量元素，如Co，Cu，Fe，Zn等。

（二）优质的蛋白质

骨粉中含有12.0%～35.0%的蛋白质，其中含量最高的是组成胶原纤维的胶原蛋白。杨桂苹（1997）对骨粉中组成蛋白质的氨基酸进行了分析，发现骨粉中含17种氨基酸，包括9种人体所必需的氨基酸。其中含量较多的为甘氨酸、谷氨酸、脯氨酸、丙氨酸和天冬氨酸。对比研究表明，骨粉中的蛋白质属完全蛋白。

（三）合理的脂肪酸比例

骨粉中脂肪酸比例合理，主要的饱和脂肪酸有棕榈酸和硬脂酸，不饱和脂肪酸有油酸和亚油酸。骨粉中还含有微量的豆蔻酸（14:0）、豆蔻油酸（14:1）、棕榈油酸（16:1）、亚麻酸（18:3）等脂肪酸。

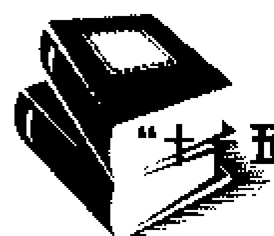
（四）其他营养成分

骨粉中还含有脑组织发育不可缺少的磷脂、磷蛋白以及被认为有加强皮下细胞代谢，防止衰老的软骨素和骨胶原。此外，骨粉中还含有多种维生素，如维生素A、维生素D、维生素B_1、维生素B_2、维生素B_{12}等。

三、畜禽血和骨粉的开发利用

随着食品安全意识的深入、食品质量安全管理体系的变化以及可持续发展的需要，加强畜禽副产品的管理，用新技术、新方法探寻其在食品、生化制药、农作物种植业等领域中的应用，生产高品质、高附加值的产品，防止疫病传播，减少环境污染，已成为世界各国畜禽副产品综合利用发展的重点。畜禽血与骨粉等副产品是一类重要资源，具有种类多、用途广的特点。目前，我国已能利用畜禽副产品生产400多种产品，主要包括：用于饲料工业的肉骨粉、羽毛粉、血粉等；用于食品及保健品原料的氨基酸、血浆蛋白粉、血红蛋白粉、明胶、骨粉、骨泥、骨素等；用于医药原料的硫酸软骨素、胰岛素、肝素、人工牛磺等；用于农作物种植业的有机肥等，畜禽副产品加工产品在我国工农业生产中日渐发挥重要的作用。

随着世界人口的不断膨胀，以及人们生活水平的提高，营养素的缺乏日益严重。因此，加强对畜禽血资源的重视，促进我国畜禽血液资源的综合利用具有十分重要意义。国外畜禽血液利用的历史比较长，已经获得了许多成功，主要用于食品、饲料、林化工业、肥料、制药、葡萄酒等工业。近些年来，日本、美国、德国等国家从畜禽血中分离出一种名叫"创伤激素"的物质，它可将坏死和损伤的细胞除掉，并能为受伤部位提供新的血红蛋白，从而使受伤组织逐渐痊愈，并恢复正常功能。这种特殊的激素已被国际医学界用于治疗癌症、心脏病，尤其对高龄人的动脉硬化、冠心病、恶性肿瘤的防治有奇效。法国畜禽血样研究中心做过这样的试验：让白血病患者食用消毒后的新鲜猪血，约有50%的人症状减轻。随着现代生物技术和现代分离技术的迅猛发展，曾经制约着血液利用的不利因素渐渐打破，海内外对血液利用的研究重新形成热点，血液食品已成为国际市场上的热门货。近几年来我国对畜禽血的利用取得很大进展，尤其是作为畜禽饲料、营养补剂、血红素、血卟啉衍生物、超氧化物歧化酶（SOD）、氨基酸营养液等项目，达到了国际先进水平，使血液利用的经济效益和社会效益大幅度提高。



动物骨头含有丰富的矿物元素、优质的蛋白质、脂肪酸、黏多糖等营养成分，它蓄积了人体所需的精华。我国自古就把喝骨头汤作为食之大补，它不仅可以强骨、增高、益寿，还可美容、健肤。因此人们要求更加充分、有效地开发利用这一"宝藏"。将鲜骨制成骨粉，既有效地保存了骨的营养成分，又便于贮藏、运输和包装，而且可以更大地扩大其应用范围。我国拥有丰富的禽、畜鲜骨资源，全国年产肉类5500多万吨，鲜骨1500多万吨。禽、畜鲜骨不仅是营养全面的食品原料，也是价廉而丰富的有机钙源。长期以来，由于资金、技术等方面的原因，这一宝贵资源未能得到很好的利用。随着纳米技术、骨粉粉碎技术的发展，我们将更容易获得最有利于人体吸收的骨粉颗粒。酶工程、发酵工程在提高骨粉利用价值方面也将起到越来越大的作用。骨粉不仅可作为添加物加到其他食品中加工成骨类食品，而且还可以制成不同剂型的保健食品，如咀嚼片、口含片、胶囊、袋装骨粉茶、冲剂等。相信在不久的明天，骨系列食品市场将更加琳琅满目。

第五节 单细胞蛋白

单细胞蛋白(single cell protein，SCP)，就是从酵母或细菌等微生物菌体中获得的蛋白质，即利用食品、发酵行业排放的有机废液或石油相关产品，借助酵母菌细胞具有合成全效价蛋白质，并能够同化各种碳水化合物以及各种含氮化合物，利用酵母菌迅速繁殖的生理特点，使废液通过发酵获得大量的全营养型菌体蛋白。按生产原料不同，可以分为石油蛋白、甲醇蛋白、甲烷蛋白等；按产生菌的种类不同，又可以分为细菌蛋白、真菌蛋白等。1967年在第一次全世界单细胞蛋白会议上，将微生物菌体蛋白统称为单细胞蛋白。

单细胞蛋白具有以下优点：第一，生产效率高，比动植物高成千上万倍，这主要是因为微生物的生长繁殖速率快。第二，生产原料来源广，一般有以下几类：①农业废物、废水，如秸秆、蔗渣、甜菜渣、木屑等含纤维素的废料及农林产品的加工废水；②工业废物、废水，如食品、发酵工业中排出的含糖有机废水、亚硫酸纸浆废液等；③石油、天然气及相关产品，如原油、柴油、甲烷、乙醇等；④H_2，CO_2 等废气。第三，可以工业化生产，它不仅需要的劳动力少，不受地区、季节和气候的限制，而且产量高，质量好。

一、单细胞蛋白的营养价值

单细胞蛋白所含的营养物质极为丰富，其蛋白质含量高达40%～80%(其中，酵母菌体中蛋白质含量占细胞干物质的45%～55%；细菌蛋白质占干物质的60%～80%；霉菌菌丝体蛋白质占干物质的30%～50%；单细胞藻类如小球藻等蛋白质占干物质的55%～60%。)，比大豆高10%～20%，比肉、鱼、奶酪高20%以上。单细胞蛋白的氨基酸组成较为齐全，含有除蛋氨酸以外人体必需的氨基酸，尤其是谷物中含量较少的赖氨酸。其补充蛋氨酸后，其营养价值显著提高。酵母蛋白中赖氨酸较多，用食用酵母作补充物，可将面粉、玉米谷物蛋白质的生物价提高。J arguin 报告，在面粉中补充圆酵母10 %，可使蛋白质效率比值从0.82 提高到2.31。一般成年人每天食用10～15g干酵母就能满足对氨基酸的需要量。单细胞蛋白中还含有多种维生素、碳水化合物、脂类、矿物质，以及丰富的酶类和生物活性物质，如辅酶A、辅酶Q、谷胱甘肽、麦角固醇等，所以微生物菌体可以作为食品和饲料。单细胞蛋白的菌体成分见表13—3。

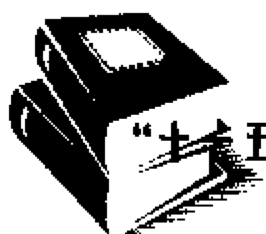
表 13—3 微生物的菌体成分(/100g)

名称	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	灰分/g	维生素 A IU.	维生素 B_1/mg	维生素 B_2/mg	维生素 C/mg	缺少的氨基酸
细菌	40 ~ 80	5 ~ 40	10 ~ 30	4.5 ~ 14	—	0.9 ~ 2.6	47	—	酪氨酸
酵母	38 ~ 70	2 ~ 60	24 ~ 37	3 ~ 9	0	0.5 ~ 2.5	2.5 ~ 8.5	0	蛋氨酸、半胱氨酸
霉菌	13 ~ 48	1 ~ 50	30 ~ 60	2.5 ~ 6.5	—	—	—	—	半胱氨酸
担子菌	43.5	2.4	44.7	9.4	0	1.2	4.1	35	半胱氨酸
绿藻	40 ~ 50	10 ~ 30	—	—	10 000 ~ 30 000	0.04 ~ 2.4	0.21 ~ 0.58	20 ~ 50	半胱氨酸
精白米	7.5	0.95	90.85	0.7	0	0.12	0.047	09	色氨酸、蛋氨酸、半胱氨酸
牛肝脏	73.5	12.4	8.9	5.9	18 000	1.1	7.8	107	色氨酸

已知红酵母属的酵母含油脂量特别高。单细胞蛋白的蛋白质含量，啤酒酵母为 42% ~ 53%、产朊假丝酵母为 50%；糖类除糖原外，还有海藻糖、脱氧核糖、直链淀粉等。单细胞蛋白的维生素 B_2、维生素 B_6、β-胡萝卜素、麦角固醇含量丰富。磷和钾含量丰富，钙较少。微生物菌体的营养成分与普通动植物食物相比，其最大的特点是蛋白质含量特高。SCP 的营养价值可用蛋白质的生物价来评价。蛋白质的生物价是指食品蛋白质在体内储留被利用的氮的数量与被吸收的氮的数量之比，并用百分率表示。它能反映蛋白质在人体内被吸收利用的程度。生物价愈高则蛋白质质量也愈高。蛋白质的生物价受很多因素的影响，同一种食品蛋白质因实验条件不同而得出的生物价也不同。表 13—4 是在相同实验条件下 SCP 的生物价，由表中生物价值高反映的蛋白质质量也较高。

表 13—4 SCP 的营养价值

蛋白质源	生物价(BV)
鸡蛋	100
牛奶	93
燕麦片	79
碎玉米	72
马铃薯	69
酿酒酵母(酒厂)	58 ~ 69
酿酒酵母(干)	52 ~ 87
解脂假丝酵母(烃 +0.03% 蛋氨酸)	91
解脂假丝酵母(烃)	61
产朊假丝酵母(亚硫酸纸浆废液)	52 ~ 48
产朊假丝酵母(亚硫酸纸浆废液 +0.03% 蛋氨酸)	88
巨大芽孢杆菌破碎细胞	70



续表

蛋白质源	生物价(BV)
巨大芽孢杆菌全细胞	62
镰刀菌	70~75
小球藻—栅藻	54

二、单细胞蛋白的生产

工业化大规模生产SCP比传统农业生产蛋白质具有许多优越性,包括:需要的劳动力少,不受季节和气候的制约;原料来源广泛;可用占地有限的小设备进行而得到高产;生产周期短,生产效率高,在适宜条件下,细菌0.5~1h,酵母1~3h即可增殖一倍;SCP的生产使人类摆脱大自然的束缚,是发展工业化生产蛋白质的途径。若以蛋白质含量计算,1kg单细胞蛋白相当于1~1.5kg的大豆。一座年产10万吨单细胞蛋白工厂的产品,相当于100万公顷土地生长的大豆蛋白或2千万公顷牧场所饲养菜牛或奶牛所得的蛋白量。

生产SCP的微生物应从食用安全性、加工难易、生产率和培养条件等方面进行选择。这些微生物通常要具备下列条件:所生产的蛋白质等营养物质含量高,选用的微生物必须是无毒的,对人体无致病作用,味道好并且易消化吸收,对培养条件要求简单,生长繁殖迅速等。用于生产单细胞蛋白的微生物种类很多,包括细菌、放线菌、酵母菌、霉菌以及某些原生生物,目前有四大类,即非致病和非产毒的酵母、细菌、真菌和藻类。千百年来,酵母菌一直就用在烤制面包、酿酒等方面,所以酵母菌是容易被接受生产SCP的微生物。同时酵母菌核酸含量也较低,容易收获。由于其在偏酸环境下(pH4.5~5.5)能够生长,因此酵母菌还可减少污染。常用的酵母菌有啤酒酵母和产朊假丝酵母。啤酒酵母只能利用己糖,而产朊假丝酵母能利用戊糖和己糖,在营养贫瘠的培养基中生长很快。另外,解脂假丝酵母可利用烷烃和汽油。细菌的生产原料广泛,生产周期短。但细菌个体小,收获分离难,核酸含量高,同时消化性差。藻类的生产需要足够的阳光和一定的温度,细胞壁不易被消化,食味不好。真菌菌丝生产慢,易受酵母污染,必须在无菌条件下培养。但真菌的收获分离容易,可从培养液中滤出挤压成形。

单细胞蛋白的生产过程也比较简单:在培养液配制及灭菌完成以后,将它们和菌种投放到发酵罐中,控制好发酵条件,菌种就会迅速繁殖;发酵完毕,用离心、沉淀等方法收集菌体,最后经过干燥处理,就制成了单细胞蛋白成品。

能够生产"SCP"的原料资源十分丰富,如糖蜜、蔗糖渣、石油、液蜡、泥炭、甲烷、甲醇、丙酸、工业有机废水、城市垃圾等。

(一)利用来源广泛的农作物粗纤维生产单细胞蛋白

粗纤维类包括在植物秸秆、壳类、稻草等农作物废弃物,含有40%~50%的纤维素、15%~35%的半纤维素和20%~30%的木质素。用水解法可使其所含的碳水化合物部分分解为还原糖,以此为原料可生产单细胞蛋白饲料。中国是个农业大国,每年农作物秸秆约有6亿吨,在粮食和饲料涨价的情况下,充分利用丰富的秸秆为原料生产单细胞蛋白,对畜牧业的

发展具有十分重要的意义。近年来,我国通过菌株混合研究法,用酶解稻草(壳)发酵制成酵母蛋白饲料,已获得成功。

(二)利用农副产品加工下脚料生产单细胞蛋白

农副产品加工下脚料,如酒糟、醋糟、水果皮、糖渣等,这些废料营养价值低,易对环境造成污染。以其为原料生产单细胞蛋白质,可大大提高其营养价值,还可美化环境。美国利用果蔬残渣等农业废料作为底物生产单细胞蛋白,主要将其用作动物饲料添加剂。利用微生物进行农副产品的深加工、开发新资源、新产品。丹麦酒精公司利用酒糟平均每人每年生产200吨压榨酵母。在食品工业中从酵母中提取的蛋白质用作奶糖的发泡剂,其发泡效果优于其他植物蛋白,还能代替肉制品制成香肠和火腿等食品,因而酵母又有"人造肉"之称。

(三)利用工业废液生产单细胞蛋白

造纸工业中的亚硫酸废液,内含约114g/100mL还原物,成分主要为五碳糖,是生产单细胞蛋白的原料。芬兰SOM公司利用亚硫酸废液,每年生产单细胞蛋白8000吨。中国造纸工业废液年排放量约300万吨,可生产114万吨饲料酵母,在这方面已有成熟的经验。工业酒精废液酸度较高,残留的有机物较多,是食品发酵行业中污染环境最严重的废液之一。将酒精废液回收,固液分离,利用其固型物生产单细胞蛋白,可收到既治理环境又开发单细胞蛋白资源的双重效果。墨西哥Dessall公司利用糖蜜酒精废液年产5万吨的单细胞蛋白。工业味精废液含固形物3.24%、有机物3.12%,是生产单细胞蛋白的好资源。目前我国已经能利用味精废液、酒精废液、纸浆废液等原料,生产单细胞蛋白。

三、单细胞蛋白的开发利用前景

随着世界人口的不断增长,粮食和饲料不足的情况日益严重。面对这一严峻的现实,开发利用单细胞蛋白已成为许多国家增产粮食的新途径。我国是13亿人口的大国,因耕地面积不断减少,为了解决人民的吃饭大问题,必须抓紧时机大力发展单细胞蛋白产品。20世纪80年代中期,全世界的单细胞蛋白年产量已达200万吨/年以上,我国近几年单细胞蛋白已有不少品种,形成了一定的生产能力,总生产能力约2万吨/年。尽管生产能力规模还比较小,但为单细胞蛋白今后的发展打下了基础。今后我国应大力推广应用酒精糟液、纸浆废液、工业有机废水、城市垃圾等制造单细胞蛋白的生产技术,建成万吨级的生产装置,同时还必须大力开发单细胞蛋白的广泛应用,使其尽快产生高效益。

单细胞蛋白不仅能制成"人造肉",供人们直接食用,还常作为食品添加剂,用以补充蛋白质或维生素、矿物质等。由于某些单细胞蛋白具有抗氧化能力,使食物不容易变质,因而常用于婴儿粉及汤料、作料中。干酵母所含热量低,常作为减肥食品的添加剂。此外,单细胞蛋白还能提高食品的某些物理性能,如意大利烘饼中加入活性酵母,可以提高饼的延薄性能。酵母的浓缩蛋白具有显著的鲜味,已广泛用作食品的增鲜剂。单细胞蛋白作为饲料蛋白,也在世界范围内得到了广泛应用。单细胞蛋白质是食品工业和饲料工业的重要蛋白质来源,也是一条生产人类蛋白质食品资源的有效途径,单细胞蛋白生产还可清除废物,减少环境污染,是具有广阔发展前途的现代生物技术产业。



思考题与习题

1. 什么是绿色食品？绿色食品具有哪些特征？
2. 绿色食品需要符合哪些标准？
3. 藻类食品有哪些药用价值？有哪些工业用途？
4. 为什么螺旋藻被联合国粮农组织列为食品资源的开发对象？
5. 什么是甲壳素？甲壳素有哪些作用？
6. 昆虫抗菌肽主要有哪几类？
7. 畜禽血主要有哪些营养成分？
8. 骨粉的主要营养价值是什么？
9. 什么是单细胞蛋白？其主要营养成分是什么？

第十四章 食物中的有毒物质

学习目的与要求

1. 了解食品毒理学的基本概念以及影响安全的常见原因。
2. 熟悉动物性和植物性食物中可能存在的有毒物质的种类并了解这类有害物质可能对机体的危害及其预防措施。
3. 了解其他食物中可能存在的有害物质。
4. 熟悉食物中常见的有机污染物及无机污染物的类型。

第一节 食品毒理学与新食品安全法规

一、食品毒理学

食品毒理学(food toxicology)是一门阐述食品中外源化学物对机体产生不良作用及其机制,并确定这些物质的安全限量和评定食品的安全性的学科。食品毒理学是食品安全性的基础。

食品毒理学中的一个重要概念是毒性(toxicity),即一种化学物质对机体健康产生有害作用的能力。通常说来,世界上没有一种物质没有毒性,关键是剂量的多少以及作用的时间。因此,"有毒"与"无毒"是相对的。一般说来,毒性大是指较小的剂量就可对机体造成一定的伤害,而毒性低则需较大的剂量,才呈现毒性。食品毒理学中的另一重要概念是危险度(risk),即指在特定的接触条件下在一定的时间内引起个体或群体产生损伤、疾病或死亡等有害效应的预期频率。而危害性(hazard)是表示外源化学物对人群健康引起的有害作用的一种定性指标。安全性是指无危险或危险度可为社会接受(即危险度可忽略),即笼统地指在通常条件下接触化学物对人体和人群不会引起对健康有害作用的特性。在食品毒理学中,安全性评价是利用规定的毒理学程序和方法评价化学物对机体产生有害效应(损伤、疾病或死亡),并外推到人体或人群的健康是否安全。

研究食品毒理学的主要目的之一是确定食品的安全性。而至今对于食品的安全性尚缺乏一个明确、统一的定义。就目前对食品安全性的认识,人们认为食品中不含有可能损害或威胁人体健康的有毒、有害物质或因素,不会导致消费者急性或慢性毒害或感染疾病,或不会危及消费者及其后代健康的隐患的食品,可以认为是一种安全食品。

影响食品安全性的因素很多,包括微生物、寄生虫、生物毒素、农药残留、重金属离子、食品添加剂、包装材料释出物和放射性同位素等。此外,膳食中营养素种类不足或其数量不够等,都会对机体产生不良的影响,这些都属于食品中的不安全因素。



在当今社会中,食品安全性存在6大问题,即营养失控、微生物致病、自然毒素、环境污染物、人为加入食物链的有害化学物质及其他不确定的饮食风险。其中,人为加入食物链的有害化学物质已成为当今最严重的食品污染问题。从毒韭菜到炸鸡翅,从速溶茶到儿童奶粉,关于食品质量的报道中不断有"致癌农药"、"苏丹红"、"氟化物"、"碘元素"、"亚硝酸盐"等化学名词出现。其次,营养失控或营养素不平衡涉及的人群之多和范围之广,在当代食品安全性问题中决不可小视。据2002年我国的全国营养调查发现,高血压、冠心病、肥胖症、糖尿病、癌症等慢性病显著增多。因此,食品安全性正在受到有史以来最为严峻的考验。

目前是人类历史上工业化程度最高的时期,人们对环境的过度开发,引起环境污染的日益严重,污染物不断地向人类的生存发起挑战。在诸多污染物中,无机污染物虽然具有一定的区域性限制,但是通过环境及食物链,这类污染则将危及更广泛的人群健康。除无机污染物外,许多有机污染物,如苯、邻苯二甲酸酯、磷酸烷基酯、多氯联苯等工业化合物及多氯二噁英、多氯氧芴、多环芳烃等工业副产物,都具有在环境和食物链中富集、难分解、毒性强等特点,对食品安全性威胁极大。在人类环境持续恶化的情况下,食品成分中的环境污染物可能有增无减,必须采取更有效的对策加强治理。

此外,某些人为地进入食物链的化学物质,包括农牧业生产及食品加工过程中的各种各样的添加剂、农药、兽药等,已经成为目前食品安全性问题的关注焦点。

食品安全性已成为当今影响广泛而深远的社会性问题。加强对食品安全性的管理控制,既是社会进步的需要,也是民众健康的保证。历史的经验和国内外的发展形势都说明,确保食品的安全性必须建立起完善的社会管理体系,这应包括以下几个主要方面:①就食品安全性进行完整的立法;②对食品生产和供应系统所用的各类化学品,建立严格的管理机制;③对食源性疾病风险实行环境全过程控制;④采用绿色的或可持续的生产技术,生产对人与环境无害的安全食品;⑤建立健全市场食品安全性的检验制度,加强执法,保障人民健康。

二、新食品安全法规

目前,我国食品安全的法律法规尚不健全,还缺少一部统筹全局的食品安全法。我国于1995年10月30日全国人大常委会第十六次会议通过的《食品卫生法》与《产品质量法》及《消费者权益保护法》等共同构建成了我国现阶段食品安全监管法律的初步框架。这一法律体系面对"从农田到餐桌"这一复杂的过程则显得有些力不从心。和发达国家的食品安全法规相比,我国《食品卫生法》对食品安全体系中应有的一系列重要制度,例如食品安全应急处理机制、食品安全风险评价制度及食品安全信用制度等尚没有做出相关的规范。而现行的食品安全法律体系中尚欠缺对食品安全监管机关及其工作人员的监管职责的落实和失职责任的追究机制。因此,制订一部《食品安全法》在我国就显得格外迫切。

目前,国务院法制办公室正在抓紧组织修订《食品卫生法》和《工业产品生产许可证管理条例》,加快《农产品质量安全法》的审查,其他相关部门也在加紧清理、修订涉及食品安全方面的部门规章。可以预见在不久的将来,我国将会出台适合中国国情的《食品安全法》。

第二节 植物食物中可能存在的有毒物质

一、植物食物中常见的有毒物质种类

天然食物并非绝对安全，其中亦存在许多种天然有毒物质，根据食品中各种化学成分及其对人体的营养作用，可将食品中的化学成分分为四组。第一组是人体赖以生存的、具有营养作用的化学物质，如蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素和矿物质等；第二组是人体不可缺少的，但它们既不增加，也不减少食物的营养价值，如纤维素；第三组虽然对人体的健康有益，但不能认为是真正的营养物质，如抗癌物质、增强胆固醇排泄的物质、提高营养物质吸收率的物质等；第四组是对人体健康有害的物质，如妨碍营养物质吸收或破坏营养物质，甚至是毒素的物质。

天然有毒物质引起人们中毒，有可能是因为人本身的遗传因素、过敏反应和食用量过大等原因，或者是因为食物成分不正常而引起。

食品中的天然有毒物质，与人类密切相关的主要有：

1. 生物碱

生物碱是一类含氮的有机化合物，绝大多数存在于植物中，有类似碱的性质，能与酸结合成盐。因此，它是植物体内能与酸成盐的含氮有机化合物的总称，在植物体中多以有机酸盐的形式存在，且种类繁多，大多数具有复杂的环状结构，氮素大多数包含在环内，许多种类具有明显的毒性作用。较为重要的生物碱有马铃薯中的龙葵碱和黄花菜中的秋水仙碱等。

2. 苷类

苷类主要有氰苷和皂苷。

(1)氰苷(主要分布于核果和仁果的果仁中，在某些禾本科、豆科植物中也含有少量)是结构中有氰基的苷类，其毒性来源于氰苷水解后产生的氢氰酸(HCN)，它能麻痹咳嗽中枢，而有镇咳作用，但过量则可中毒。氰苷对中枢神经先兴奋后抑制，而且氰基易与细胞色素氧化酶中的铁结合，破坏细胞色素氧化酶在生物氧化中传递氧的功能，使细胞代谢停止，导致呼吸麻痹致死。

(2)皂苷因其水溶液摇动时能产生大量的泡沫，类似肥皂，故得名，又称皂素。皂苷对黏膜，尤其对鼻黏膜的刺激性较大。此外还有有毒蛋白和肽、酶、酚类及其衍生物等。

3. 有毒蛋白和多肽

蛋白质是生物体内最复杂，也是最重要的物质之一，异体蛋白质注入人体组织可引起过敏反应，内服某些蛋白质也可产生各种毒性，由于加热处理可使蛋白质凝结变性，从而使部分蛋白质丧失其毒性。有毒植物蛋白主要有凝血素、蛋白酶抑制剂和毒多肽等。

(1)凝血素：亦称凝集素，是一种有毒蛋白质，在许多植物种子都含有，其中以豆类种子存在较为普遍，凝血素能与血细胞膜上的特定受体部位结合，使血红细胞发生凝集而造成中毒。

(2)蛋白酶抑制剂：普遍存在于豆类植物中胰蛋白酶抑制剂对人和多种动物机体的胰蛋白酶具有强烈的抑制作用，从而降低了蛋白质的利用率，属于抗营养类物质。

(3)毒多肽：在真菌类的毒中含量最多。

4. 棉酚

棉酚主要存在于棉花叶、茎、根和种子中，是一种细胞原浆毒，对心、肝、肾、神经和血管均

有毒性,并对男性的精子形成具有明显的抑制作用。

二、常见的食用有毒植物及其中毒症状和预防措施

(一)豆类

我国食用豆类资源丰富,是植物蛋白的重要来源,但其中也含有对人体健康有害的化学物质,主要有凝血素、胰蛋白酶抑制物。

1. 菜豆

菜豆,又名四季豆。未熟透的菜豆中的皂素对消化道黏膜有强烈的刺激作用,其凝血素有凝血作用。此外,菜豆中的亚硝酸盐和胰蛋白酶抑制物均能产生一系列肠胃刺激症状,是食物天然毒素中毒中较常见的,一年四季均可发生,烹调不当或炒煮不够熟透是引起中毒的主要原因。中毒潜伏期一般为2~4h,主要为肠胃炎症状,主要的预防措施以使菜豆充分熟透即可。

2. 蚕豆

蚕豆种子含有巢菜碱苷,是6-磷酸葡萄糖的竞争性抑制物,是引起急性溶血性贫血(即蚕豆黄病)的主要原因之一,在吃青蚕豆时常有发生中毒现象,症状有血尿、乏力、眩晕、肠胃紊乱及尿胆素排泄增加,严重者出现黄疸、呕吐、腰痛、发烧、贫血及休克。一般生吃后5~24h即可发病。其预防方法为不生吃新鲜蚕豆。

(二)粮食作物

1. 马铃薯

马铃薯的致毒成分为茄碱,又称马铃薯素或龙葵碱,成熟的马铃薯中含量极微(0.005%~0.01%),一般不会引起中毒,但在马铃薯的芽、花、叶及发绿的外皮中含量较高(0.03%~0.06%),食用后易引起中毒。中毒后的症状为咽喉部瘙痒和烧灼感、头晕,并有呕心、腹泻等症状,严重者有耳鸣、脱水、发烧、昏迷、瞳孔放大、脉搏细弱、抽搐或因呼吸麻痹而致死,这是因为茄碱对人体的毒性是刺激黏膜、麻痹神经系统、呼吸系统、溶解红细胞等作用所致。马铃薯中毒的预防措施是:不食用发芽和绿皮的马铃薯;由于茄碱溶于水,并与酸共热可被水解为无毒的茄啶,故可采取浸泡或在烹调时加醋的方法进行预防。

2. 木薯

引起木薯中毒的主要物质是亚麻仁苦苷,这是由于亚麻仁苦苷经共存于木薯中的亚麻仁苦苷酶或胃酸水解后,产生氢氰酸所致。中毒症状为肠胃炎症状,严重者出现呼吸困难、瞳孔放大,甚至昏迷休克。木薯中毒的预防措施为:食用前去皮、水洗,可溶解除去部分氰苷;禁止生食,不喝煮木薯的汤。

(三)蔬菜

1. 青菜

青菜和一些野菜以及水中都含有一定量的硝酸盐,在正常情况下不会引起中毒,但在某些情况下硝酸盐可还原为亚硝酸盐,当亚硝酸盐达到一定浓度时食用后即可引起中毒。中毒机理及症状:当过多的亚硝酸盐进入血液后,将正常的血红蛋白氧化成高铁血红蛋白,高铁血红蛋白的化学性较稳定,呈咖啡色,无携氧能力。此外,高铁血红蛋白还能阻止正常氧合血红蛋

白放出氧，因而引起组织缺氧，出现一系列的缺氧症状。

2. 鲜黄花菜

一般为干制品，用水浸泡后煮熟食用可保证安全。如直接食用鲜黄花菜，则易引起中毒，原因是鲜黄花菜中含有秋水仙碱，它本身无毒，但当其进入人体并氧化后，迅速生成二秋水仙碱，此为剧毒物质，成年人如果一次食入0.1～0.2mg秋水仙碱(相当于50～100g鲜黄花菜)即可引起中毒，一次摄入20mg，可导致死亡。中毒症状为嗓子发干、心慌胸闷、头痛、腹痛等，重者还会出现血尿、血便、尿闭及昏迷。这是因为二秋水仙碱对肠胃及泌尿系统具有毒性并产生强烈的刺激作用。

预防鲜黄花菜中毒可采取两种方法：①浸泡处理，因秋水仙碱易溶于水；②高温处理，即将鲜黄花菜煮沸10～15min，可破坏秋水仙碱。

3. 十字花科蔬菜

十字花科蔬菜，如油菜、甘蓝、芥菜、萝卜等，含有致甲状腺肿大和阻抑机体生长发育的毒素，在化学上属异硫氰酸化合物的衍生物(即芥子油甙)。如榨油后的菜籽饼，其中含有硫代葡萄糖苷，硫苷本身无毒，但在芥子酶的作用下水解后，裂解为异硫氰酸盐等有毒物质，可采用高温(140～150℃)破坏芥子酶的活性，或采用中和法除去有毒物质。

(四)其他食物

1. 白果

白果，又名银杏，在肉质外种皮、种仁及绿色的胚中含有毒成分，主要是银杏二酚、银杏酚、银杏酸等，尤其以银杏二酚的毒性较大。中毒症状为中枢神经系统损害和肠胃炎症状。预防措施是熟食而不生食，并除掉绿色的胚。

2. 柿子

柿子富含维生素C，且有润肺、清肠、止咳等功效，但如一次食用量过大，尤其是未成熟的柿子，容易形成胃柿石。所谓胃柿石是人在食用柿子后，在胃内形成的凝块，其原因主要是因为柿子中的柿酚(包括丹宁类物质)与胃酸作用产生凝固而沉淀；另一个原因则是果胶凝结。因此，空腹多食或与酸性食物同时食用，或者胃酸过多者都容易发生胃柿石。含天然有毒物质的食物，除上述以外，还有动物性食物、动物组织和毒蘑菇等。

第三节　动物食物中可能存在的有毒物质

动物性食物是人类膳食的重要组成部分之一，但某些动物性食物中含有天然毒素而引起食用者中毒。在自然界有毒动物种类较多，所含毒素成分亦较复杂，比较常见的有鱼类、贝类及蟾蜍等。

一、鱼类中的有毒物质

(一)河豚毒素

河豚毒素主要存在于河豚的卵巢、肝、皮肤、肠及血液中，尤其以卵巢和肝脏中含量较多，河豚毒素是一种很强的神经毒素(0.5mg能毒死体重70 kg的人)，能阻断神经冲动的传导，可



使神经末梢和中枢神经发生麻痹,抑制呼吸,引起呼吸肌麻痹,同时对肠胃亦有局部刺激作用,还可使血管神经麻痹,血压降低。其中毒特点是发病急速而剧烈,潜伏期短(10min ~3h),中毒症状为先感觉手指、唇、舌等部位刺疼发麻,出现呕吐、腹泻等症状,继而出现四肢及全身麻痹、呼吸困难、血压下降,最后死于呼吸衰竭。

河豚毒素微溶于水,对热稳定,120℃以上才分解,盐腌日晒均不能使其破坏,因此预防非常重要。

(二)鱼类中的组胺

组胺是引起过敏性反应中的重要物质,组胺中毒是因青皮红肉鱼(金枪鱼、沙丁鱼等)中含有较多的组氨酸,当受到产强活性脱羧酶的细菌污染后,产生组胺所致。一般引起人体中毒的组胺摄入量为1.5mg/kg体重,中毒潜伏期为0.5~1h。

组胺中毒机理为组胺使毛细血管扩张和支气管收缩,中毒症状表现为面部、胸部及全身皮肤潮红,并伴有头晕、胸闷、呼吸加快、血压降低等症状。组胺的预防措施是防止鱼类腐败。

二、贝类中的有毒物质

贝类中的有毒物质种类也较多,典型的是贝类麻痹型毒素。

某些无毒的可供食用的贝类,在摄取了有毒藻类后,就被毒化,因毒素在贝类体内呈结合状,故贝体本身无毒,但当人们食用后,毒素迅速被释放,出现麻痹性神经症状,故称为贝类麻痹型毒素,其中的毒素成分为石房蛤毒素,它是一种神经毒素,毒性较强,潜伏期短(数分钟到20min),中毒症状主要表现为神经麻痹,严重者可因呼吸衰竭而死亡。

三、蟾蜍中的有毒物质

蟾蜍,俗名癞蛤蟆,其头部两侧有腺体,可分泌蟾蜍素,它是我国的传统中药,但如服用量过大则会引起中毒。蟾蜍分泌的毒液成分复杂,约有30多种,主要是蟾蜍毒素,其中毒机理是作用于神经中枢或神经末梢,或直接作用于心肌。潜伏期一般为0.5~4h,中毒症状主要表现在消化系统、循环系统和神经系统方面。由于蟾蜍中毒的死亡率较高,且无特效的治疗方法,因此以预防为主。

四、其他动物性有毒物质

家畜肉是人类普遍食用的动物性食品。一般而言,肌肉部分是可安全食用的,但动物体内的某些脏器、腺体或分泌的激素,由于性质和功能与人体的腺体大败相同,如摄人过量,就会引起中毒。常见的有甲状腺中毒、肾上腺中毒、病变淋巴腺中毒等。

(一)甲状腺

猪甲状腺位于气管喉头的前下部,是椭圆形颗粒肉质物,如食用未摘除甲状腺的血脖肉,就可能引起中毒。其中毒机理为:突然大量外来的甲状腺激素会扰乱人体正常的内分泌活动,特别是严重影响下丘脑功能,从而造成一系列神经紊乱症状,即体内甲状腺激素增加,使组织细胞氧化速率突然提高,分解代谢加快,产热增加,交感神经中枢过度兴奋,各器官系统活动平衡失调。该中毒潜伏期一般为12~24h,临床表现症状为头晕、头痛、胸闷、恶心、呕吐等,并伴

有出汗、心悸等症状。

甲状腺中毒的预防措施包括：由于甲状腺素的理化性质非常稳定，在600℃以上的高温才会被破坏，而一般的烹调方法无法将其无毒化，所以最有效的预防措施就是屠宰时摘除甲状腺。

（二）肾上腺

肾上腺大部分被包在腹腔油脂内，肾上腺的皮质能分泌多种重要的脂溶性激素，已知的有20多种，他们能促进体内非糖化合物或葡萄糖代谢，维持体内K^+、Na^+离子平衡，对肾脏、肌肉等功能均有影响。如被误食，使机体内肾上腺素浓度增高，引起中毒。该中毒潜伏期很短（15～30min），表现症状为血压急骤升高、恶心呕吐、头晕头痛、口舌发麻、肌肉震颤，甚至诱发心绞痛、心肌梗塞等。

（三）病变淋巴腺

当病原微生物侵入机体后，淋巴腺将产生相应的反抗作用，甚至出现不同程度的病理变化，如充血、肿胀、化脓及坏死等，这种病变淋巴腺含有大量病原微生物及其代谢产物，可引起各种疾病，对人体健康有害。

第四节　细菌类毒物

一、引起食物中毒的细菌

细菌性食物中毒可分为感染型食物中毒和毒素型食物中毒，如因食入含有大量病原菌的食物引起消化道感染而造成的中毒称为感染型食物中毒；如因食入因细菌大量繁殖产生的毒素的食物所造成的中毒称为毒素型食物中毒。通常细菌性食物中毒的患者一般都表现有明显的肠胃炎症状，其中腹痛、腹泻最为常见。

引起食物中毒的细菌主要有沙门氏菌、志贺氏菌、金黄色葡萄球菌、肉毒梭状杆菌、副溶血弧菌及致病性大肠杆菌等。

（一）沙门氏菌属

沙门氏菌是1885年沙门（Salmon）与史密斯（Smith）在猪霍乱病例中首先分离得到的。其后，在人和动物病例中不断发现不同血清型菌株，至今已有2000多种。该菌对人致病的仅为少数，为兼性厌氧菌，适宜温度37℃，但在18～20℃时也能繁殖，对热的抵抗性较弱，在60℃经20～30min即可被杀死，而在肉、牛奶、水中则可生存几个月。该菌是细菌性食物中毒中最常见的致病菌。世界上最大的一起沙门氏菌食物中毒病例发生于1953年的瑞典，是由吃猪肉引起的鼠伤寒杆菌食物中毒，中毒7717人，死亡90人。在我国则是1959年发生在南宁因吃鸡肉引起的猪霍乱杆菌食物中毒，中毒1061人。

（二）致病性大肠杆菌

大肠杆菌是人畜肠道中常见菌，除致病性大肠杆菌外，不仅无害，还能合成某些B族维生



素和维生素K等,且产生的大肠杆菌素可抑制某些病原微生物在肠道内的繁殖。

常见的致病性大肠杆菌主要有:产肠毒素大肠杆菌、肠致病性大肠杆菌和肠侵袭性大肠杆菌等。

(三)肉毒梭状芽孢杆菌

该菌可引起严重的毒素型食物中毒,它是革兰氏阳性产芽孢细菌,适宜生长环境35℃左右,属中温型专性厌氧菌,必须在严格的缺氧条件下才能生长繁殖,在中性或弱碱性的环境中生长良好,其营养体耐热性差,但其芽孢耐热,一般煮沸需经1~6h或121℃经4~10min才能杀灭。它是引起食物中毒病原菌中耐热性最强的菌种之一,所以,罐头产品的杀菌效果,一般以肉毒梭状芽孢杆菌为指标菌。

肉毒梭状芽孢杆菌产生的毒素称为肉毒毒素,有8个型别,即A,B,C1,C2,D,E,F,G。肉毒毒素对热的抵抗力相对较低,80℃20min或100℃5min,即可破坏其毒性。在目前已知的毒素中,肉毒毒素是毒性最强的一种,对人的致死量为1×10^{-9}mg/kg体重。其毒性比氰化钾大1万倍。肉毒梭状芽孢杆菌中毒属于毒素型中毒,其毒素与神经有较强的亲和力,经肠道吸收后作用于颅脑神经和外周神经,导致肌肉麻痹和神经破坏。

(四)副溶血性弧菌

副溶血性弧菌是分布极广的海洋细菌,它是革兰氏阴性无芽孢、兼性厌氧菌,最适生长条件为37℃,pH为8.0~8.5,食盐浓度2.5%~3%。对酸敏感,在普通食醋内1min即可死亡。此菌不耐热,50℃ 20min或65℃ 5min或80℃ 1min可被杀死,但它可产生耐热性溶血毒素,使人的肠黏膜溃烂,红血球破碎、溶解,这也是此菌名称的由来。耐热性溶血毒素除溶血作用外,还有细胞毒、心脏毒和肝脏毒等。

(五)金黄色葡萄球菌

葡萄球菌中,腐生葡萄球菌数量最多,一般不致病,表皮葡萄球菌致病较弱;金黄色葡萄球菌致病力最强,可产生肠毒素、杀白血球素、溶血素等毒素,引起食物中毒的是肠毒素。

金黄色葡萄球菌是革兰氏阳性菌,无芽孢,兼性厌氧菌,最适生长温度35~37℃,耐盐较强,在7.5%~15% NaCl的培养基中仍能生长。在普通培养基上可产生金黄色色素。菌体不耐热,60℃30min即可被杀死,但在冷藏环境中不易死亡。产生的毒素抗热力很强,120℃20min还不能完全破坏,因此,当其污染食品后,用普通的烹调方法不能避免中毒。金黄色葡萄球菌的感染源一般来自患有化脓炎症病人或带菌者。因此,凡患有化脓性疾病及上呼吸道炎症者,应禁止其从事直接食品加工和供应工作。

金黄色葡萄球菌引起的毒素型食物中毒,主要为肠毒素引起的急性肠胃炎症状,潜伏期为数十分钟到数小时,病程仅几小时即可恢复。

二、细菌引起的人畜共患病

(一)炭疽病

炭疽病是一种对人畜危害很大的传染病,动物炭疽在世界各地均有发现,其病原菌是炭疽

芽孢杆菌，该菌为革兰氏阳性杆菌，菌体耐热性低，55～58℃经10～15min即死亡，但芽孢的抗热性强，需160℃干热灭菌2h，蒸汽灭菌121℃需5～10min，为中温型需氧或兼性厌氧菌，对营养要求不严，附着在畜产品及土壤中的芽孢可存活数年至数十年。

炭疽杆菌最易感染的是诸如马、牛、绵羊及山羊等食草动物，人也易受感染。其感染主要途径有：接触患病动物尸体及其皮、毛；食用患炭疽病动物的肉、奶及其制品；吸入炭疽杆菌的芽孢。

炭疽杆菌侵入人体后，潜伏期一般为2～7d。其临床症状可分为三种类型：①皮肤炭疽，病部多见于面、颈、手和前臂等裸露部位，多表现为炭疽菌的恶性水肿两种症状。②肠炭疽，起病急，食用病肉、奶者可相继发病，有类似急性肠胃症状。③肺炭疽，属吸入感染型，主要表现为支气管炎和肺炎症状，常并发脑膜炎。此外，炭疽败血症多继发于肺炭疽和肠炭疽。

炭疽杆菌在动物体内和未解剖的尸体中都不形成芽孢，所以，发现炭疽病后，必须立即隔离，并进行消毒处理，否则，解剖后在空气中数小时即可形成芽孢，增加了消毒难度。

（二）结核病

结核病曾经是流行广泛、死亡最多的疾病之一。病人和病畜的痰液、粪便、乳汁和生殖道分泌物中都有病原菌存在，人的结核病主要有结核分枝杆病引起肺部感染，牛分枝杆菌对人引起的最常见的症状和病变，多数病例是颈部淋巴结核、生殖泌尿系统感染、骨和关节结核等。

结核分枝杆菌为无芽孢革兰氏阳性菌，由于菌体含有较多类脂和蜡质成分，对外界环境、特别是干燥的抵抗力强，在干燥的痰内可生存6～8个月，对湿热的抵抗力差，巴氏杀菌即可。

（三）布鲁氏杆菌病

布鲁氏杆菌的菌体形态为球状或短杆状，可引起急性或慢性传染病，该菌对热敏感，60℃经50min即可被杀灭，煮沸时立即死亡。同时该菌对福尔马林、来苏亦很敏感，但对外界环境抵抗力较强。患病动物的乳、肉、皮毛、排泄物和被布鲁氏杆菌污染的食品和物品，均可成为传播因子，对人的感染途径主要有接触传染、消化道传染和呼吸道传染。潜伏期一般为2～3周，表现症状为发热、多汗、关节痛、肝脾肿大等，并伴有头痛、失眠、坐骨神经痛和多发性神经炎等神经系统症状等。

第五节　真菌类毒物

真菌有有性孢子和无性孢子之分，其形态和构造比细菌复杂，有的真菌为单细胞，如酵母菌和部分霉菌，有的为多细胞，如食用菌和大多数霉菌。虽然有些真菌被广泛应用于食品工业，如酿酒、制酱、面包制造等，但有些真菌也通过食品给人体健康带来危害。

一、霉菌引起的食物中毒

霉菌是一些丝状真菌的通称，凡是生长在营养基质上形成绒毛状、蛛蛛网状丝的真菌通称为霉菌。霉菌在自然界分布极广，特别是阴暗、潮湿和温度较高的环境更有利于它们的生长。由于霉菌的营养来源主要是糖、少量的氮和无机盐，因此，它极易在粮食、水果和各种食品上生长，引起食品的腐败变质。此外，有些霉菌还可产生毒素，引起食物中毒。霉菌毒素即是其次



生代谢产物,在食品加工时,虽然经加热、烹调等处理可杀死霉菌的菌体和孢子,但其毒素一般不能被破坏。如果人体内霉菌毒素量达到一定量的程度,即可产生该种毒素所引发的中毒症状。

产生毒素的霉菌主要有曲霉菌属、青霉属、镰刀菌属中的一些霉菌。

(一)黄曲霉毒素

黄曲霉毒素有较多种类,目前已经确定的有17种之多,主要有B1,B2,G1,G2,M1和M2等,他们的结构不同,其毒性也有很大差异,以黄曲霉毒素B1毒性最大。黄曲霉毒素对所有已经试验的动物肝脏均有很强的毒性,对某些动物还有致癌性。在许多动物中,大剂量摄入会造成死亡;亚致死剂量产生慢性中毒;长期接受低剂量则易导致癌症,主要是肝癌。

黄曲霉毒素耐热,100℃经20h也不能将其全部破坏,引起动物中毒的病理变化主要是肝脏。我国食品规定的黄曲霉毒素限量标准为:

玉米、花生油、花生及其制品	20μg/kg
大米、食用油类(花生油除外)	10μg/kg
其他粮食、豆类、发酵食品	5μg/kg
婴儿食品	不得检出

(二)黄变米中的霉菌毒素

黄变米是由于稻谷收割后和贮藏中含水量过高,被霉菌污染发生霉变,使米呈黄色。从黄变米中分离出的主要是青霉菌属的一些种类,它们产生的毒素主要有:岛青霉毒素(损害动物肝、肾、心肌、血管等器官)、桔青霉素(损害肾脏功能)及黄绿青霉毒素(神经系统损害)。

(三)赤霉病麦中毒

赤霉病麦中毒是由禾谷镰刀菌侵染所引起,禾谷镰刀菌对禾本科植物类(如大麦、小麦、黑麦、玉米等)侵染导致赤霉病。该菌侵染麦粒后,在其中引起蛋白质分解并产生毒素,即赤霉烯酮。该毒素耐热性较强,110℃经1h才能被破坏,由该毒素引起的食物中毒症状为毒素侵害中枢神经系统所表现出来的症状,即恶心、发冷、头痛头晕、眼花、神智抑郁,有时伴有醉酒似的欣慰感,面部发红。

(四)霉变甘蔗中毒

甘蔗在不良条件下经过冬季的长期贮藏,霉菌大量繁殖并产生毒素,人们食用此种甘蔗后即可导致中毒,引起甘蔗霉变的主要是节菱孢属中的霉菌,污染甘蔗后迅速繁殖,产生强毒素3-硝基丙酸,可损伤中枢神经系统,造成脑水肿和肺、肝、肾充血,而发生恶心、呕吐、抽搐、大小便失禁及牙关紧闭等症状,严重时出现昏迷或因呼吸衰竭而死亡。

二、毒蘑菇

毒蘑菇又称为毒蕈,属于真菌类,其有毒成分比较复杂,一种毒蕈可能含有几种有毒物质,或几种毒蕈可能含有相同的有毒成分。根据所含有毒成分和中毒临床症状不同,毒蕈中毒可分为肠胃炎型、神经精神类型、肝损害型和溶血型中毒等四种。

（一）肠胃炎型中毒

引起肠胃炎型中毒的毒蕈较多，常见的有褐绒盖牛肝、虎斑菌、白乳菇、毛头乳菇等，其有毒成分可能是对肠胃有刺激作用的松蕈酸、类树脂物质、石炭酸等。中毒潜伏期一般为0.5～2h，主要症状是由于肠胃道机能紊乱而出现恶心、腹泻，或因失水和电解质紊乱发生虚脱，甚至休克。

（二）神经精神类型中毒

有些毒蕈所含毒素可引起人中枢神经功能紊乱，该类毒素主要包括毒蝇碱、蜡子树酸及其衍生物、光盖伞素、幻觉原等。毒蝇碱是一种生物碱，无色无味，经消化道吸收后，刺激交感神经系统，降低血压和心率；光盖伞素能引起视觉、听觉、味觉的紊乱。

神经精神类型中毒的潜伏期一般为0.5～4h，早期表现症状为肠胃炎症状，后期为神经精神症状，情绪兴奋，行为紊乱，类似精神分裂症，并伴有流涎、流泪等症状。此型中毒可用阿托品类药物治疗。

（三）肝损害型

肝脏是人体内的物质代谢中心，并且与胆汁的生成、免疫和吞噬功能、解毒作用等各种机能均密切相关。

由毒蕈引起的肝损害中毒，其毒素主要是两大类毒肽，即毒肽类和毒伞肽类。毒肽类包括一羟毒肽、二羟毒肽、三羟毒肽、羧基毒肽和苯基毒肽等毒素，其作用点为肝细胞的内质网，早期可见小的空泡，晚期在内质网上可见到大的空隙。其毒性作用快，但毒性较弱。毒伞肽类包括α－毒伞肽、β－毒伞肽、γ－毒伞肽、ε－毒伞肽、三羟毒伞肽和一羟毒伞肽酰胺等。它们作用于肝细胞的细胞核，使细胞核萎缩、病变，同时对肾、脑和心肌也有一定程度的影响。其作用慢，但毒性强。

伞肽类中毒的临床症状通常都会经历潜伏期（15～30h）、肠胃炎症状期、假愈期（1～2d）、内脏损伤期（一般以肝脏为主，并波及心、肾、脑等）、精神症状期、恢复期（严重者进入昏迷期）。

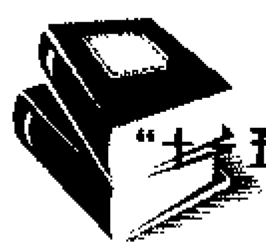
（四）溶血型

导致溶血性中毒的物质主要是马鞍酸和毒蕈溶血素，它们都破坏红细胞，出现溶血现象，两者均不耐热，加热即可破坏其溶血作用。中毒潜伏期6～12h，中毒症状表现为：由于红细胞被破坏，出现贫血、虚弱、烦躁、气促等，且由于血红蛋白分解，胆红素过多，超过肝脏转化能力，因此易出现溶血性黄疸和血红蛋白尿，甚至尿毒症。可使用肾上腺皮质激素治疗。

三、食物中常见的有机污染物及无机污染物

（一）食物中污染物的主要来源

食品污染是食品受到有毒有害物质的侵袭，致使食品质量安全性、营养性和（或）感官性状发生改变的过程，食品从原料的种植、食品的加工、贮藏、运输到销售的整个过程都有可能遭受



污染。随着科学技术的不断发展,各种化学物质的不断产生和应用,有害物质的种类和来源也进一步繁杂,按照污染物的性质,可将食品污染分为生物性污染、化学性污染和放射性污染等三种类型。

1. 生物性污染

食品的生物性污染包括微生物污染、寄生虫及虫卵污染、昆虫污染等方面,其中以微生物污染的范围最广,危害也最大。

2. 化学性污染

食品的化学性污染包括各种金属、非金属和有毒有害的有机、无机化合物对食品造成的污染,主要有5个方面。

(1)农药污染。农药对食品的污染,造成食品中农药残留过高,已成为主要的食品安全问题,农药污染食品的途径主要有:施用农药后对作物或食品的直接污染;空气、水、土壤的污染造成动植物体内含有农药残留而间接污染食品;来自食物链和生物富集;运输和贮藏中由于与农药混放造成污染。

(2)药物残留污染。为了预防和治疗畜禽和鱼类患病而大量投入生长素、抗生素等药物,往往造成药物残留在动物组织内,而对食品安全产生潜在危害。

(3)滥用食品添加剂造成的污染。食品添加剂按其来源可分为天然和人工合成两大类。天然食品添加剂一般对人体是安全的,而人工合成食品添加剂是经化学合成的产品,长期摄入或使用不当都有可能存在对机体的潜在危害。

(4)工业"三废"污染。工业生产中排出的废水、废气和废渣中含有各种有毒有害物质,可造成大气、水体和土壤的污染,进而污染食品。

(5)食品包装材料及容器污染。食品在加工、储运和销售过程中,接触的设备、容器和包装材料等,如不符合卫生要求或使用不当,其中的一些不稳定的有害物质则会被溶出而污染食品,如塑料制品中的材料单体、增塑剂,油墨中的氯联苯,浸蜡包装纸中的多环芳烃等。

3. 放射性污染

自然界存在的放射性物质和人为的放射性污染,均可通过食物链的各个环节直接或间接污染食品,人食用后可导致畸变或癌变等。

(二)食物中的化学污染物

如前所述,食品中化学污染物主要有农药残留、兽药残留、滥用食品添加剂、金属和食品包装材料和容器等。

1. 农药残留对食品的污染

农药残留是指农药使用后残存于生物体、食品(农副产品)和环境中的微量农药原体、有毒代谢物、降解物和杂质的总称。残存的数量称为残留量。当农药过量施用,超过最大残留限量(MRL)时,将对人畜产生不良影响或通过食物链对生态系统中的生物造成毒害,农药通过大气和饮水进入人体的仅占10%,通过食物进入人体占90%,进入人体的农药将对人体产生急性或慢性的毒性作用,包括致畸、致突变和致癌等。食品中农药残留污染的途径包括:①施用农药后对作物或食品的直接污染,即农药施用时,部分农药黏附在作物根、茎、果实的表面,另外部分农药还通过植物叶片组织渗入到植株体内,再经生理作用运转到植物的根、茎、果实等部分,并在植物体内进行代谢。②空气、水和土壤的污染造成动植物体内含有农药残留,而间接

污染食品。③来自食物链和生物富集作用，它是指农药残留被生物摄取或通过其他方式吸入后累积于体内而造成农药的高浓度储存，通过食物链转移并经食物链的逐级富集，使进入人体的农药残留数量呈现上万倍的增加，从而严重影响人体健康。

食品中常见的农药残留包括：①有机氯农药。有机氯农药残留在食品中相当普遍，常用的有滴滴涕（DDT）、六六六（BHC）和毒杀酚氯丹等。我国使用有机氯农药 DDT 和六六六有过 30 多年的历史，于 1983 年停止生产和使用。有机氯农药化学性质稳定，不易降解，易于在生物体内蓄积，该农药具有高度的选择性，多贮存在动植物体内的脂肪组织或含脂肪较多的部位。因此，其含量顺序大致是动物性食品 > 植物油 > 粮食 > 蔬菜、水果。在各类食品中普遍存在，但含量在逐渐减少，目前基本处于 PPB 级水平。②有机磷农药。近年来，随着有机磷农药在高效、低毒、低残留方面的不断成功研究，在我国已被广泛应用于各类食用作物，相对而言，有机磷农药化学性质不稳定、分解快，在作物中残留时间短，使用有机磷农药治虫杀菌而污染食品主要表现在植物性食物中残留，尤其是含有芳香物质的植物，如水果、蔬菜等最易吸收有机磷，且残留量也较高。植物从土壤中吸收的量远低于直接喷洒在作物上的量。③其他农药。在我国使用的其他类农药包括氨基甲酸酯类农药（用作杀虫剂的 *N* - 烷基化合物，用作除草剂的 *N* - 芳香基化合物）、拟除虫菊酯类农药和多菌灵杀虫剂等。

降低食品中农药残留措施有：由于化学农药残留对食品的污染，将导致对人类健康的威胁，因此可通过建立健全农药法规标准，加强对原料作物的生产管理和改变食用方式等措施来有效降低食品中农药残留，以降低对人体健康的危害。

2. 兽药残留对食品的污染

为预防和治疗家畜和养殖鱼患病而大量投入生长素、抗生素、磺胺类等化学药物，将致使药物残留于动物食品组织中，从而可能造或对公众健康和环境的潜在危害。FAO/WHO 联合组织的食品中兽药残留立法委员会把兽药残留定义为：兽药残留是指动物产品的任何可食部分所含兽药的母体化合物或其代谢物，以及与兽药有关的杂质的残留。所以兽药残留既包括原药，也包括药物在动物体内的代谢产物。

兽药进入动物体内的主要途径包括：①预防和治疗畜禽疾病用药。②饲料添加剂中兽药的使用。

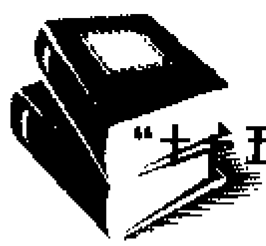
动物性食品中兽药残留的预防控制措施有：加强药物的合理使用规范、严格规定休药期和制定动物性食品药物最大残留量和加强监督检测工作等。这些措施可有效控制动物性食品中兽药残留。

3. 金属对食品的污染

金属对食品安全性的影响属于化学物质污染的重要内容之一。研究表明：重金属污染以镉最为严重，其次是汞、铅等；非金属以砷的污染较为严重。有毒金属进入食品的主要途径有：自然环境、含金属化学物质的使用和食品加工过程等。

食品中常见有害金属元素包括：

（1）镉。主要来源于冶金、陶瓷、电镀以及化工等排除的“三废”，而人体内的镉主要从食品中摄入。镉对人体的危害包括急性作用和慢性作用两个方面。急性作用指食品中含高浓度镉或容器被镉污染，可导致入急性中毒（3 ~ 15mg），临床表现为：潜伏期短（10min ~ 数小时）、恶心呕吐、腹泻腹痛甚至抽搐。镉经消化道吸收慢且少，因而急性中毒不致引起全身系统性损伤。慢性作用指镉在人体内的生物半衰期为 10 ~ 30 年，主要蓄积在肝和肾内，镉对肾的损害



主要是损害肾小管,使肾的再吸收发生障碍,可出现蛋白尿、氨基酸尿和糖尿。镉对肾功能的损害,可抑制维生素 D_3 在肾脏中的活性,干扰维生素 D_3 和钙的代谢。镉还能引起贫血,除了镉在肠道内阻碍铁的吸收外,另一方面在于摄入大量镉后,尿铁增加。镉还可抑制骨髓血红蛋白的合成。锌是镉的拮抗元素,可减缓镉的毒性作用。

食品中镉的允许限量:1988 年 WHO/FAO 推荐镉的每周允许摄入量为 0.007mg/(kg 体重·周)。1984 年我国灌溉区食品中镉允许量标准制定为(mg/kg):大米 <0.2,面粉 <0.1,玉米、高粱、小麦 <0.05,蔬菜 <0.05,肉、鱼 <0.1,蛋 <0.05,水果 <0.03,饮用水 <0.01。

(2)铅。铅广泛存在于环境中,人体摄入铅的途径包括食品、饮水、吸烟及大气等。铅对人体的危害主要有:被机体吸收铅的 90% 以不溶性磷酸三铅的形式存在于骨骼中,少量存在于肝、脑、肾和血液中,损害造血系统、神经系统和肾脏等,导致贫血、头晕、记忆力下降、神经衰弱,严重者可出现癫痫和瘫痪等慢性中毒症状。人体摄入大量的铅后引起铅的急性中毒,通常表现为剧烈的腹痛后出现厌食、消化不良和便秘症状。

我国食品卫生标准规定食品中铅允许限量为:

一般食品铅含量为≤1mg/kg(L),食用色素≤10mg/kg,饮用水≤0.05mg/L,FAO/WHO 推荐每周允许摄入量为 0.05mg/(kg 体重·周)(成人,1972 年),0.025mg/(kg 体重·周)(儿童,1986 年)。

(3)汞。在食品中,汞以元素汞、二价汞的化合物和烷基汞三种形式存在,通常情况下,食品中汞的含量一般很少 因而对大多数人来说,因为食物而引起汞中毒的危险性比较小,但就造成食品的污染程度而言,烷基汞较金属汞或二价汞的化合物严重得多。人们所吸收的大部分汞是甲基汞,而且主要来自于鱼类。汞引起的危害包括急性中毒和慢性中毒两方面。

①急性中毒可使肾脏和肠胃系统受损,引起肠道黏膜发黏,同时发生剧痛和呕吐,导致虚脱甚至死亡。②慢性中毒则表现为四肢动作失调,舌头和嘴唇周围有不适感。

食品中汞的允许限量为:我国规定食品中汞允许残留量(mg/kg,以 Hg 计):粮食 ≤0.02,豆类、薯类、果蔬≤0.01,乳制品≤0.01,肉、蛋、油≤0.05,鱼和其他水产品≤0.3(其中甲基汞≤0.2)。

1973 年 WHO 建议成人每周暂定摄入量不得超过 0.3mg(即 0.005mg/(kg 体重·周))。

(4)砷。几乎所有的土壤中都存在砷,最普通的两种含砷无机化合物是 As_2O_3(砒霜)和 As_2O_5,一般三价砷毒性大于五价砷。砷化合物的毒性大小顺序为无机砷 > 有机砷 > 砷化氢。当人体摄入砷后,砷会很快分布到身体所有的器官和细胞组织中,砷在体内部分组织具有强蓄积性,吸入体内的砷经过数天后,大部分器官的砷含量降低,而在皮肤、指甲和头发等中的积累量有所增加。

砷的急性中毒表现为:肠胃炎症状,中枢神经系统麻痹,四肢疼痛,意识丧失甚至死亡。慢性中毒表现为末梢神经炎、结膜炎、角膜硬化和皮肤变黑等症状,并有致癌和致突变作用。

我国规定食品中的砷含量为(mg/kg,以砷计),一般食品≤0.5,原粮≤0.7,食用植物油≤0.1,FAO/WHO 提出砷的每日允许摄入量为 0.05mg/kg 体重,而对无机砷每日允许摄入量建议为 0.015mg/(kg 体重·周)(1988 年)。

4.食品添加剂污染

食品添加剂是指为改善食品品质和色、香、味以及为防腐和加工工艺的需要而加入食品中的化学物质或天然物质。常见的食品添加剂有三类,即天然提取物、发酵等方法制成的和纯化

学合成物。食品添加剂的主要毒性与危害有致癌性、致畸性和致突变性，这些毒性的共同特点是要经过较长时间才能显露出来，即对人体产生潜在的毒害，这也就是人们关心食品添加剂安全性的原因。

5. 其他化学物质对食品的污染

影响食品安全性的其他化学物质主要包括：

(1)亚硝胺。亚硝胺对动物具有强致癌作用，亚硝胺不易水解，在中性及碱性环境中较稳定，但在酸性溶液及紫外线作用下可缓慢分解，食物中亚硝胺天然含量极微，但可通过各种途径进入食物，也可由食物中广泛存在的亚硝胺前体化合物在适宜的条件下生成。亚硝胺的前体化合物主要为胺类(由蛋白质分解成氨基酸并脱羧而成，常发生在不新鲜食物中，尤其是腐败的食物)和亚硝基化剂，即 NO_2^-、NO_3^- 等。上述两类化合物在适宜的条件下，可合成亚硝胺。因此，凡在食品加工过程中，有添加或促进该两类化合物生成的环节，均有可能导致亚硝胺的生成。如肉类产品加工过程中添加硝酸盐或亚硝酸盐作为发色剂；蔬菜种植过程中，施用含硝酸盐的化肥或土壤中缺钼时，可增加硝酸盐的蓄积，并在还原菌的作用下还原为亚硝酸盐；蔬菜在淹制过程中，亚硝酸盐含量变化很大。

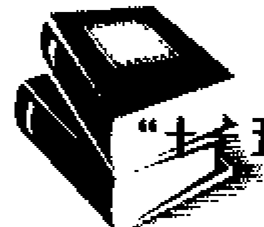
(2)多氯联苯(PCBs)是一组由氯置换联苯分子中氢原子的人工合成有机化合物，性质稳定，易溶于脂肪，极难溶于水，多氯联苯随工业废水进入环境，直接或间接污染水体、大气和土壤，并通过各种渠道进入生物体。如进入水体的多氯联苯很快被小球藻吸收，通过生物富集而使鱼类、动物、家畜体内含高浓度的多氯联苯，最后经食物链进入人体中。多氯联苯对人体的危害主要表现为眼皮肿胀、视力障碍、指甲和黏膜有色素沉着、有时伴有恶心呕吐，有的病人在臀部和腿部出现水肿，肝功能障碍等。

(3)3,4-苯并(a)芘(简称B(a)P)是由五个苯环构成的多环芳烃化合物，是一种强致癌物。在食品加工过程中，3,4-苯并(a)芘的污染主要发生在烟熏和烘烤食品上，当碳氢化合物在800~1000℃供氧不足的情况下能生成3,4-苯并(a)芘，并随着温度升高生成量显著增加。在烘烤过程中，食品中的脂类、蛋白质和碳水化合物发生热解，经过环化和聚合会形成大量的多环芳烃，其中也含有3,4-苯并(a)芘。当食品在烟熏和烘烤过程烤焦和炭化时，3,4-苯并(a)芘的生成量也会急剧增加。3,4-苯并(a)芘对人体的危害表现在其的强致癌性。



思考题与习题

1. 植物性食物中主要存在哪些常见有毒物质？解释其对人类中毒的机理。
2. 解释马铃薯、鲜黄花菜导致人中毒的原因及其预防措施。
3. 动物性食物中主要存在哪些常见有毒物质？并解释其对人类中毒的机理。
4. 细菌型食物中毒有哪些类型？引起食物中毒的细菌主要有哪些？如何预防？
5. 简述黄曲霉毒素对人体的危害。
6. 简述毒蘑菇引起人体中毒的主要毒素和中毒类型。
7. 化学污染包括哪些主要方面？
8. 农药残留、兽药残留将对人体造成怎样的危害？
9. 引起食物中毒的有害金属主要有哪些？分别对人造成什么危害？



附　录

附录 1　中国居民膳食营养素参考摄入量(DRIs)

表附 1—1　能量和蛋白质的推荐摄入量(RNIs)及脂肪供能比

年龄或体力活动 PAL	能量[1]				蛋白质		脂肪占能量百分比(%)
	RNI/MJ		RNI/kcal		RNI/g		
	男	女	男	女	男	女	
0～	0.4MJ/kg		95kcal/kg[2]		1.5～3g/(kg·d)		45～50
0.5～							35～40
1～	4.60	4.40	1100	1050	35	35	
2～	5.02	4.81	1200	1150	40	40	30～35
3～	5.64	5.43	1350	1300	45	45	
4～	6.06	5.83	1450	1400	50	50	
5～	6.70	6.27	1600	1500	55	55	
6～	7.10	6.67	1700	1600	55	55	
7～	7.53	7.10	1800	1700	60	60	25～30
8～	7.94	7.53	1900	1800	65	65	
9～	8.36	7.94	2000	1900	65	65	
10～	8.80	8.36	2100	2000	70	65	
11～	10.04	9.20	2400	2200	75	75	
14～	12.00	9.62	2900	2400	85	80	25～30
18～							20～30
体力活动 PAL[3]							
轻	10.03	8.80	2400	2100	75	65	
中	11.29	9.62	2700	2300	80	70	
重	13.38	11.30	3200	2700	90	80	
孕妇		+0.84		+200	+5，+15，+20		
乳母		+2.09		+500	+20		
50～							20～30

续表

年龄或体力活动PAL	能量[①]				蛋白质		脂肪占能量百分比(%)
	RNI/MJ		RNI/kcal		RNI/g		
	男	女	男	女	男	女	
体力活动PAL							
轻	9.62	8.00	2300	1900			
中	10.87	8.36	2600	2000			
重	13.00	9.20	3100	2200			
60~					75	65	20~30
体力活动PAL							
轻	7.94	7.53	1900	1800			
中	9.20	8.36	2200	2000			
70~					75	65	20~30
体力活动PAL							
轻	7.94	7.10	1900	1700			
中	8.80	8.00	2100	1900			
80~	7.74	7.10	1900	1700	75	65	20~30

注:①各年龄组的能量的RNI与EAR相同;

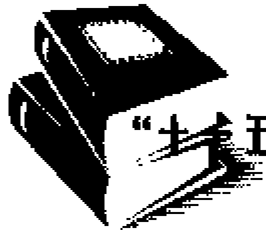
②为AI,非母乳喂养应增加20%;

③PAL为体力活动水平 (凡表中数字空白之处表示未制定该参考值)

表附1—2 常量和微量元素的推荐摄入量(RNIs)或适宜摄入量(AIs)

年龄	钙 AI /mg	磷 AI /mg	钾 AI /mg	钠 AI /mg	镁 AI /mg	铁 AI /mg	碘 RNI /μg	锌 RNI /mg	硒 RNI /μg	铜 AI /mg	氟 AI /mg	铬 AI /μg	锰 AI /mg	钼 AI /μg
0~	300	150	500	200	30	0.3	50	1.5	15(AI)	0.4	0.1	10		
0.5~	400	300	700	500	70	10	50	8.0	20(AI)	0.6	0.4	15		
1~	600	450	1000	650	100	12	50	9.0	20	0.8	0.6	20		15
4~	800	500	1500	900	150	12	90	12.0	25	1.0	0.8	30		20
7~	800	700	1500	1000	250	12	90	13.5	35	1.2	1.0	30		30
						男 女		男 女						
11~	1000	1000	1500	1200	350	16 18	120	18.0 15.0	45	1.8	1.2	40		50
14~	1000	1000	2000	1800	350	20 25	150	19.0 15.5	50	2.0	1.4	40		50
18~	800	700	2000	2200	350	15 20	150	15.0 11.5	50	2.0	1.5	50	3.5	60
50~	1000	700	2000	2200	350	15 150	11.5	50 2.0	1.5	50	3.5	60	3.5	60

附录



续表

年龄	钙 AI /mg	磷 AI /mg	钾 AI /mg	钠 AI /mg	镁 AI /mg	铁 AI /mg	碘 RNI /μg	锌 RNI /mg	硒 RNI /μg	铜 AI /mg	氟 AI /mg	铬 AI /μg	锰 AI /mg	钼 AI /μg
孕妇														
早期	800	700	2500	2200	400	15	200	11.5	50					
中期	1000	700	2500	2200	400	25	200	16.5	50					
晚期	1200	700	2500	2200	400	35	200	16.5	50					
乳母	1200	700	2500	2200	400	25	200	21.5	65					

注：凡表中数字空白之处表示未制定该参考值。

表附1—3 脂溶性和水溶性维生素的推荐摄入量(NRIs)或适宜摄入量(AIs)

年龄	维生素A RNI /μgRE	维生素D RNI/μg	维生素E AI/mg α-TE①	维生素B_1 RNI/mg	维生素B_2 RNI/mg	维生素B_6 AI/mg	维生素B_{12} AI/μg	维生素C RNI/mg	泛酸 AI/mg	叶酸 RNI/μgDFE	烟酸 RNI/mg NE	胆碱 AI /mg	生物素 AI /μg
0～		10	3	0.2(AI)	0.4(AI)	0.1	0.4	40	1.7	65(AI)	2(AI)	100	5
0.5～	400(AI)	10	3	0.3(AI)	0.5(AI)	0.3	0.5	50	1.8	80(AI)	3(AI)	150	6
1～	400(AI)	10	4	0.6	0.6	0.5	0.9	60	2.0	150	6	200	8
4～	500	10	5	0.7	0.7	0.6	1.2	70	3.0	200	7	250	12
7～	600	10	7	0.9	1.0	0.7	1.2	80	4.0	200	9	300	16
11～	700	5	10	1.2	1.2	0.9	1.8	90	5.0	300	12	350	20
	男 女			男 女	男 女						男 女		
14～	800 700	5	14	1.5 1.2	1.5 1.2	1.1	2.4	100	5.0	400	15 12	450	25
18～	800 700	5	14	1.4 1.3	1.4 1.2	1.2	2.4	100	5.0	400	14 13	500	30
50～	800 700	10	14	1.3	1.4	1.5	2.4	100	5.0	400	13	500	30
孕妇													
早期	800	5	14	1.5	1.7	1.9	2.6	100	6.0	600	15	500	30
中期	900	10	14	1.5	1.7	1.9	2.6	130	6.0	600	15	500	30
晚期	900	10	14	1.5	1.7	1.9	2.6	130	6.0	600	15	500	30
乳母	1200	10	14	1.8	1.7	1.9	2.8	130	7.0	500	18	500	35

注：① α-TE为α-生育酚当量。

(凡表中数字空白之处表示未制定该参考值)

表附 1—4　某些微量营养素的可耐受最高摄入量(ULs)

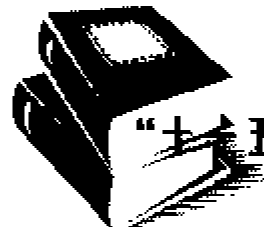
年龄	钙 /mg	磷 /mg	镁 /mg	铁 /mg	碘 /μg	锌 /mg	硒 /μg	铜 /mg	氟 /mg	铬 /μg	锰 /mg	钼 /μg	维生素 A /μgRE	维生素 D /μg	维生素 B_1 /mg	维生素 C /mg	叶酸 /μgDFE①	烟酸 /mg NE②	胆碱 /mg
0～				10			55		0.4							400			600
0.5～				30		13	80		0.8							500			800
1～	2000	3000	200	30		23	120	1.5	1.2	200		80			50	600	300	10	1000
4～	2000	3000	300	30		23	180	2.0	1.6	300		110	2000	20	50	700	400	15	1500
7～	2000	3000	500	30	800	28	240	3.5	2.0	300		160	2000	20	50	800	400	20	2000
						男　女													
11～	2000	3500	700	50	800	37　34	300	5.0	2.4	400		280	2000	20	50	900	600	30	2500
14～	2000	3500	700	50	800	42　35	360	7.0	2.8	400		280	2000	20	50	1000	800	30	3000
18～	2000	3500	700	50	1000	45　37	400	8.0	3.0	500	10	350	3000	20	50	1000	1000	35	3500
50～	2000	3500③	700	50	1000	37　37	400	8.0	3.0	500	10	350	3000	20	50	1000	1000	35	3500
孕妇	2000	3000	700	60	1000	35	400						2400	20		1000	1000		3500
乳母	2000	3500	700	50	1000	35	400							20		1000	1000		3500

注:①DFE 为膳食叶酸当量;

②NE 为烟酸当量;

③60 岁以上磷的 UL 为 3000mg。

凡表中数字空白之处表示未制定该参考值。



表附1—5　蛋白质及某些微量营养素的平均需要量(EARs)

年龄	蛋白质 /(g/kg)	锌 /mg	硒 /μg	维生素 A /μgRE①	维生素 D /μg②	维生素 B_1 /mg	维生素 B_2 /mg	维生素 C /mg	叶酸 /μgDFE
0～	2.25～1.25	1.5		375	8.8				
0.5～	1.25～1.15	6.7		400	13.8				
1～		7.4	17	300		0.4	0.5	13	320
4～		8.7	20			0.5	0.6	22	320
7～		9.7	26	700		0.5	0.8	39	320
		男　女				男　女	男　女		
11～		13.1　10.8	36	700		0.7	1.0		320
14～		13.9　11.2	40			1.0　0.9	1.3　1.0	13	320
18～	0.92	13.2　8.3	41			1.4　1.3	1.2　1.0	75	320
孕妇						1.3	1.45	66	520
早期		8.3	50						
中期		+5	50						
晚期		+5	50						
乳母	+0.18	+10	65			1.3	1.4	96	450
50～	0.92							75	320

注:①RE为视黄醇当量;

②0～2.9岁南方地区为8.88μg;北方地区为13.8μg。

凡表中数字空白之处表示未制定该参考值。

附录2 常见食物营养成分表

类别	食物名称	食部/g	水分(%)	能量/kJ	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胆固醇/mg	灰分/g	维生素A/μg	胡萝卜素/μg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素C/mg	维生素E/mg	钙/mg	磷/mg	钾/mg	钠/mg	镁/mg	铁/mg	锌/mg	硒/μg	铜/mg	锰/mg
谷类	稻米(x̄)	100	13.3	1448	7.4	0.8	77.9	0.7	-	0.6	-	-	-	0.11	0.05	1.9	-	0.46	13	110	103	3.8	34	2.3	1.70	2.23	0.30	1.29
	籼米(标准)机米	100	12.6	1452	7.9	0.6	78.3	0.8	-	0.6	-	-	-	0.09	0.04	1.4	-	0.54	12	112	109	1.7	28	1.6	1.47	1.99	0.29	1.27
	糯米[江米](x̄)	100	12.6	1456	7.3	1.0	78.3	0.8	-	0.8	-	-	-	0.11	0.04	2.3	-	1.29	26	113	137	1.5	49	1.4	1.54	2.71	0.25	1.54
	挂面(x̄)	100	12.3	1448	10.3	0.6	75.6	0.7	-	1.2	-	-	-	0.19	0.04	2.5	-	1.04	17	134	129	184.5	49	3.0	0.94	11.77	0.39	0.92
	方便面	100	3.6	1975	9.5	21.1	61.6	0.7	-	4.2	-	-	-	0.12	0.06	0.9	-	2.28	25	80	134	1144.0	38	4.1	1.06	10.49	0.29	0.79
	馒头(标准粉)	100	40.5	975	7.8	1.0	49.8	1.5	-	0.9	-	-	-	0.05	0.07	-	-	0.86	18	136	129	165.2	39	1.9	1.01	9.70	0.14	1.27
	馒头(富强粉)	100	47.3	870	6.2	1.2	44.2	1.0	-	1.1	-	-	-	0.02	0.02	-	-	0.09	58	78	146	165.0	20	1.7	0.40	7.20	0.05	0.29
	粳米饭(蒸)	100	70.6	490	2.6	0.3	26.2	0.2	-	0.3	-	-	-	…	0.03	2.0	-	-	7	62	39	3.3	20	2.2	1.36	0.40	0.08	0.85
	小麦粉(标准粉)	100	12.7	1439	11.2	1.5	73.6	2.1	-	1.0	-	-	-	0.28	0.08	2.0	-	1.80	31	188	190	3.1	50	3.5	1.64	5.36	0.42	1.56
	小麦粉(富强粉,特一粉)	100	12.7	1464	10.3	1.1	75.2	0.6	-	0.7	-	-	-	0.17	0.06	2.0	-	0.73	27	114	128	2.7	32	2.7	0.97	6.88	0.26	0.77
	小麦粉(特二粉)	100	12.0	1460	10.4	1.1	75.9	1.6	-	0.6	-	-	-	0.15	0.11	2.0	-	1.25	30	120	124	1.5	48	3.0	0.96	6.01	0.58	0.92
	小米	100	11.6	1498	9.0	3.1	75.1	1.6	-	1.2	17	100	-	0.33	0.10	1.5	-	3.63	41	229	284	4.3	107	5.1	1.87	4.74	0.54	0.89
	玉米面(黄)	100	12.1	1427	8.1	3.3	75.2	5.6	-	1.3	7	40	-	0.26	0.09	2.3	-	3.80	22	196	249	2.3	84	3.2	1.42	2.49	0.35	0.47
	燕麦片	100	9.2	1536	15.0	6.7	66.9	5.3	-	2.2	-	-	-	0.30	0.13	1.2	-	3.07	186	291	214	3.7	177	7.0	2.59	4.31	0.45	3.36

续表

类别	食物名称	食部/g	水分(%)	能量/kJ	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胆固醇/mg	灰分/g	维生素A/μg	胡萝卜素/μg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素C/mg	维生素E/mg	钙/mg	磷/mg	钾/mg	钠/mg	镁/mg	铁/mg	锌/mg	硒/μg	铜/mg	锰/mg
干豆类及制品	黄豆(大豆)	100	10.2	1502	35.0	16.0	34.2	15.5	–	4.6	37	220	–	0.41	0.20	2.1	–	18.90	191	465	1503	2.2	199	8.2	3.34	6.16	1.35	2.26
	豆腐(x)	100	82.8	339	8.1	3.7	4.2	0.4	–	1.2	–	–	–	0.04	0.03	0.2	–	2.71	164	119	125	7.2	27	1.9	1.11	2.30	0.27	0.47
	豆腐脑[老豆腐]	100	96.7	63	1.9	0.8	0	–	–	0.6	–	–	–	0.04	0.02	0.4	–	10.46	18	5	107	2.8	28	0.9	0.49	Tr	0.26	0.25
	豆浆	100	96.4	59	1.8	0.7	1.1	1.1	–	0.2	15	90	–	0.02	0.02	0.1	–	0.80	10	30	48	3.0	9	0.5	0.24	0.14	0.07	0.09
	豆腐干(x)	100	65.2	586	16.2	3.6	11.5	0.8	–	3.5	–	–	–	0.03	0.07	0.3	–	–	308	273	140	76.5	64	4.9	1.76	0.02	0.77	1.31
	绿豆	100	12.3	1322	21.6	0.8	62.0	6.4	–	3.3	22	130	–	0.25	0.11	2.0	–	10.95	81	337	787	3.2	125	6.5	2.18	4.28	1.08	1.11
	赤小豆[小豆,红小豆]	100	12.6	1293	20.2	0.6	63.4	7.7	–	3.2	13	80	–	0.16	0.11	2.0	–	14.36	74	305	860	2.2	138	7.4	2.20	3.80	0.64	1.33
	芸豆(白)	100	14.4	1238	23.4	1.4	57.2	9.8	–	3.6	–	–	–	0.18	0.26	2.4	–	6.16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	蚕豆(带皮)	93	11.5	1272	24.6	1.1	59.9	10.9	–	2.9	8	50	–	0.13	0.23	2.2	–	4.90	49	339	992	21.2	113	2.9	4.76	4.29	0.64	1.00
	蚕豆(去皮)	100	11.3	1431	25.4	1.6	58.9	2.5	–	2.8	50	300	–	0.20	0.20	2.5	–	6.68	54	181	801	2.2	94	2.5	3.32	4.83	1.17	0.96
	豇豆	100	10.9	1347	19.3	1.2	65.6	7.1	–	3.0	10	60	–	0.16	0.08	1.9	–	8.61	40	344	737	6.8	36	7.1	3.04	5.74	2.10	1.07
	豌豆	100	10.4	1310	20.3	1.1	65.8	10.4	–	2.4	42	250	–	0.49	0.14	2.4	–	8.47	97	259	823	9.7	118	4.9	2.35	1.69	0.47	1.15
鲜豆类	扁豆[月亮菜]	91	88.3	155	2.7	0.2	8.2	2.1	–	0.6	25	150	–	0.04	0.07	0.9	13	0.24	38	54	178	3.8	34	1.9	0.72	0.94	0.12	0.34
	蚕豆	31	70.2	435	8.8	0.4	19.5	3.1	–	1.1	52	310	–	0.37	0.10	1.5	16	0.83	16	200	391	4.0	46	3.5	1.37	2.02	0.39	0.55
	毛豆[青豆,菜用大豆]	53	69.6	515	13.1	5.0	10.5	4.0	–	1.8	22	130	–	0.15	0.07	1.4	27	2.44	135	188	478	3.9	70	3.5	1.73	2.48	0.54	1.20
	四季豆[菜豆]	96	91.3	117	2.0	0.4	5.7	1.5	–	0.6	35	210	–	0.04	0.07	0.4	6	1.24	42	51	123	8.6	27	1.5	0.23	0.43	0.11	0.18
	豌豆(带荚)[回回豆]	42	70.2	439	7.4	0.3	21.2	3.0	–	0.9	37	220	–	0.43	0.09	2.3	14	1.21	21	127	332	1.2	43	1.7	1.29	1.74	0.22	0.65
	豇豆	97	90.3	121	2.9	0.3	5.9	2.3	–	0.6	42	250	–	0.07	0.09	1.4	19	4.39	27	63	112	2.2	31	0.5	0.54	0.74	0.14	0.37

续表

类别	食物名称	食部/g	水分(%)	能量/kJ	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胆固醇/mg	灰分/g	维生素A/μg	胡萝卜素/μg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素C/mg	维生素E/mg	钙/mg	磷/mg	钾/mg	钠/mg	镁/mg	铁/mg	锌/mg	硒/μg	铜/mg	锰/mg
根茎类及制品	黄豆芽	100	88.8	184	4.5	1.6	4.5	1.5	–	0.6	5	30	–	0.04	0.07	0.6	8	0.80	21	74	160	7.2	21	0.9	0.54	0.96	0.14	0.34
	绿豆芽	100	94.6	75	2.1	0.1	2.9	0.8	–	0.3	3	20	–	0.05	0.06	0.5	6	0.19	9	37	68	4.4	18	0.6	0.35	0.50	0.10	0.10
	豌豆苗	86	89.6	142	4.0	0.8	4.6	1.9	–	1.0	445	2667	–	0.05	0.11	1.1	67	2.46	40	67	222	18.5	21	4.2	0.77	1.09	0.20	0.76
	白萝卜[莱菔]	95	93.4	88	0.9	0.1	5.0	1.0	–	0.6	3	20	–	0.02	0.03	0.3	21	0.92	36	26	173	61.8	16	0.5	0.30	0.61	0.04	0.09
	红萝卜	97	93.8	84	1.0	0.1	4.6	0.8	–	0.5	Tr	Tr	–	0.05	0.02	0.1	3	1.20	11	26	110	62.7	16	2.8	0.69	…	…	0.06
	心里美萝卜	88	93.5	88	0.8	0.2	4.9	0.8	–	0.6	2	10	–	0.02	0.04	0.4	23	–	68	24	116	85.4	34	0.5	0.17	1.02	0.06	0.08
	胡萝卜(黄)	97	87.4	180	1.4	0.2	10.2	1.3	–	0.8	668	4010	–	0.04	0.04	0.2	16	–	32	16	193	25.1	7	0.5	0.14	2.80	0.03	0.07
	竹笋	63	92.8	79	2.6	0.2	3.6	1.8	–	0.8	–	–	–	0.08	0.08	0.6	5	0.05	9	64	389	0.4	1	0.5	0.33	0.04	0.09	1.14
	藕[莲藕]	88	80.5	293	1.9	0.2	16.4	1.2	–	1.0	3	20	–	0.09	0.03	0.3	44	0.73	39	58	243	44.2	19	1.4	0.23	0.39	0.11	1.30
	大薯[参薯]	74	72.1	439	2.1	0.2	24.9	1.1	–	0.7	–	–	–	0.05	–	0.5	–	0.25	10	45	…	–	16	0.8	0.38	0.74	0.17	–
	姜[黄姜]	95	87.0	172	1.3	0.6	10.3	2.7	–	0.8	28	170	–	0.02	0.03	0.8	4	–	27	25	295	14.9	44	1.4	0.34	0.56	0.14	3.20
	姜(干)	95	14.9	1142	9.1	5.7	64.0	17.7	–	6.3	–	–	–	…	0.10	–	–	–	62	22	41	9.9	–	85.0	2.30	3.10	0.96	10.65
	马铃薯[土豆,洋芋]	94	79.8	318	2.0	0.2	17.2	0.7	–	0.8	5	30	–	0.08	0.04	1.1	27	0.34	8	40	342	2.7	23	0.8	0.37	0.78	0.12	0.14
	马铃薯粉	100	12.0	1410	7.2	0.5	77.4	1.4	–	2.9	20	120	–	0.08	0.06	5.1	…	0.28	171	123	1075	4.7	27	10.7	1.22	1.58	1.06	0.37
	甘薯(白心)[红皮山芋]	86	72.6	435	1.4	0.2	25.2	1.0	–	0.6	37	220	–	0.07	0.04	0.6	24	0.43	24	46	174	58.2	17	0.8	0.22	0.63	0.16	0.21
	甘薯(红心)[山芋,红薯]	90	73.4	414	1.1	0.2	24.7	1.6	–	0.6	125	750	–	0.04	0.04	0.6	26	0.28	23	39	130	28.5	12	0.5	0.15	0.48	0.18	0.11
	藕粉	100	6.4	1556*	0.2	…	93.0	0.1	–	0.4	–	–	–	…	0.01	0.4	–	–	8	9	35	10.8	2	17.9	0.15	2.10	0.22	0.28
	魔芋精粉[鬼芋粉]	100	12.2	155	4.6	0.1	78.8	74.4	–	4.3	–	–	–	Tr	0.10	0.4	–	–	45	272	299	49.9	66	1.6	2.05	350.15	0.17	0.88

续表

类别	食物名称	食部/g	水分(%)	能量/kJ	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胆固醇/mg	灰分/g	维生素A/μg	胡萝卜素/μg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素C/mg	维生素E/mg	钙/mg	磷/mg	钾/mg	钠/mg	镁/mg	铁/mg	锌/mg	硒/μg	铜/mg	锰/mg
根茎类及制品	大白菜(x)	87	94.6	71	1.5	0.1	3.2	0.8	-	0.6	20	120	-	0.04	0.05	0.6	31	0.76	50	31	-	57.5	11	0.7	0.38	0.49	0.05	0.15
	大白菜(白梗)[黄芽白]	92	93.6	88	1.7	0.2	3.7	0.6	-	0.8	42	250	-	0.06	0.07	0.8	47	0.92	69	30	130	89.3	12	0.5	0.21	0.33	0.03	0.21
	菠菜[赤根菜]	89	91.2	100	2.6	0.3	4.5	1.7	-	1.4	487	2920	-	0.04	0.11	0.6	32	1.74	66	47	311	85.2	58	2.9	0.85	0.97	0.10	0.66
	洋葱[葱头]	90	89.2	163	1.1	0.2	9.0	0.9	-	0.5	3	20	-	0.03	0.03	0.3	8	0.14	24	39	147	4.4	15	0.6	0.23	0.92	0.05	0.14
	大葱	82	91.0	126	1.7	0.3	6.5	1.3	-	0.5	10	60	-	0.03	0.05	0.5	17	0.30	29	38	144	4.8	19	0.7	0.40	0.67	0.08	0.28
	大蒜[蒜头]	85	66.6	527	4.5	0.2	27.6	1.1	-	1.1	5	30	-	0.04	0.06	0.6	7	1.07	39	117	302	19.6	21	1.2	0.88	3.09	0.22	0.29
嫩茎叶苔花类	冬寒菜[冬苋菜,冬葵]	58	89.6	126	3.9	0.4	4.9	2.2	-	1.2	1158	6950	-	0.15	0.05	0.6	20	-	82	56	280	14.0	30	2.4	1.37	2.41	0.13	2.50
	茴香[小茴香]	86	91.2	100	2.5	0.4	4.2	1.6	-	1.7	402	2410	-	0.06	0.09	0.8	26	0.94	154	23	149	186.3	46	1.2	0.73	0.77	0.04	0.31
	茭白[茭笋,茭粑]	74	92.2	96	1.2	0.2	5.9	1.9	-	0.5	5	30	-	0.02	0.03	0.5	5	0.99	4	36	209	5.8	8	0.4	0.33	0.45	0.06	0.49
	芥菜[雪里红,雪菜]	94	91.5	100	2.0	0.4	4.7	1.6	-	1.4	52	310	-	0.03	0.11	0.5	31	0.74	230	47	281	30.5	24	3.2	0.70	0.70	0.08	0.42
	金针菜[黄花菜]	98	40.3	833	19.4	1.4	34.9	7.7	-	4.0	307	1840	-	0.05	0.21	3.1	10	4.92	301	216	610	59.2	85	8.1	3.99	4.22	0.37	1.21
	韭菜	90	91.8	109	2.4	0.4	4.6	1.4	-	0.8	235	1410	-	0.02	0.09	0.8	24	0.96	42	38	247	8.1	25	1.6	0.43	1.38	0.08	0.43
	芦笋[石刁柏,龙须菜]	90	93.0	79	1.4	0.1	4.9	1.9	-	0.6	17	100	-	0.04	0.05	0.7	45	-	10	42	213	3.1	10	1.4	0.41	0.21	0.07	0.17
	飘儿白[飘儿菜]	79	94.1	63	1.7	0.2	3.2	1.6	-	0.8	200	1200	-	…	0.03	0.5	10	-	59	36	245	56.9	91	1.8	0.54	3.40	0.06	0.19
	芹菜茎	67	93.1	84	1.2	0.2	4.5	1.2	-	1.0	57	340	-	0.02	0.06	0.4	8	1.32	80	38	206	159.0	18	1.2	0.24	0.57	0.09	0.16
	芹菜叶	100	89.4	130	2.6	0.6	5.9	2.2	-	1.5	488	2930	-	0.08	0.15	0.9	22	2.50	40	64	137	83.0	58	0.6	1.14	2.00	0.99	0.54
	蒜苗	82	88.9	155	2.1	0.4	8.0	1.8	-	0.6	47	280	-	0.11	0.08	0.5	35	0.81	29	44	226	5.1	18	1.4	0.46	1.24	0.05	0.17

续表

类别	食物名称	食部/g	水分(%)	能量/kJ	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胆固醇/mg	灰分/g	维生素A/μg	胡萝卜素/μg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素C/mg	维生素E/mg	钙/mg	磷/mg	钾/mg	钠/mg	镁/mg	铁/mg	锌/mg	硒/μg	铜/mg	锰/mg
嫩茎叶苔花类	蕹菜[空心菜,藤藤菜]	76	92.9	84	2.2	0.3	3.6	1.4	-	1.0	253	1520	-	0.03	0.08	0.8	25	1.09	99	38	243	94.3	29	2.3	0.39	1.20	0.10	0.67
	莴笋[莴苣]	62	95.5	59	1.0	0.1	2.8	0.6	-	0.6	25	150	-	0.02	0.02	0.5	4	0.19	23	48	212	36.5	19	0.9	0.33	0.54	0.07	0.19
	莴笋叶[莴苣叶]	89	94.2	75	1.4	0.2	3.6	1.0	-	0.6	147	880	-	0.06	0.10	0.4	13	0.58	34	26	148	39.1	19	1.5	0.51	0.78	0.09	0.26
	苋菜(紫)[红苋]	73	88.8	130	2.8	0.4	5.9	1.8	-	2.1	248	1490	-	0.03	0.10	0.6	30	1.54	178	63	340	42.3	38	2.9	0.70	0.09	0.07	0.35
	小白菜	81	94.5	63	1.5	0.3	2.7	1.1	-	1.0	280	1680	-	0.02	0.09	0.7	28	0.70	90	36	178	73.5	18	1.9	0.51	1.17	0.08	0.27
	甘蓝[圆白菜,卷心菜]	86	93.2	92	1.5	0.2	4.6	1.0	-	0.5	12	70	-	0.03	0.03	0.4	40	0.50	49	26	124	27.2	12	0.6	0.25	0.96	0.04	0.18
	香菜[芫荽]	81	90.5	130	1.8	0.4	6.2	1.2	-	1.1	193	1160	-	0.04	0.14	2.2	48	0.80	101	49	272	48.5	33	2.9	0.45	0.53	0.21	0.28
瓜类	菜瓜[生瓜,白瓜]	88	95.0	75	0.6	0.2	3.9	0.4	-	0.3	3	20	-	0.02	0.01	0.2	12	0.03	20	14	136	1.6	15	0.5	0.10	0.63	0.03	0.03
	冬瓜	80	96.6	46	0.4	0.2	2.6	0.7	-	0.2	13	80	-	0.01	0.01	0.3	18	0.08	19	12	78	1.8	8	0.2	0.07	0.22	0.07	0.03
	黄瓜[胡瓜]	92	95.8	63	0.8	0.2	2.9	0.5	-	0.3	15	90	-	0.02	0.03	0.2	9	0.49	24	24	102	4.9	15	0.5	0.18	0.38	0.05	0.06
	苦瓜[凉瓜,癞瓜]	81	93.4	79	1.0	0.1	4.9	1.4	-	0.6	17	100	-	0.03	0.03	0.4	56	0.85	14	35	256	2.5	18	0.7	0.36	0.36	0.06	0.16
	南瓜[倭瓜,番瓜]	85	93.5	92	0.7	0.1	5.3	0.8	-	0.4	148	890	-	0.03	0.04	0.4	8	0.36	16	24	145	0.8	8	0.4	0.14	0.46	0.03	0.08
	西葫芦	73	94.9	75	0.8	0.2	3.8	0.6	-	0.3	5	30	-	0.01	0.03	0.2	6	0.34	15	17	92	5.0	9	0.3	0.12	0.28	0.03	0.04
	哈密瓜	71	91.0	142	0.5	0.1	7.9	0.2	-	0.5	153	920	-	…	0.01	…	12	-	4	19	190	26.7	19	…	0.13	1.10	0.01	0.01
	西瓜()	56	93.3	105	0.6	0.1	5.8	0.3	-	0.2	75	450	-	0.02	0.03	0.2	6	0.10	8	9	87	3.2	8	0.3	0.10	0.17	0.05	0.05
茄果类	茄子(紫皮,长)	96	93.1	79	1.0	0.1	5.4	1.9	-	0.4	30	180	-	0.03	0.03	0.6	7	0.20	55	28	136	6.4	15	0.4	0.16	0.57	0.07	0.14
	番茄[西红柿]	97	94.4	79	0.9	0.2	4.0	0.5	-	0.5	92	550	-	0.03	0.03	0.6	19	0.57	10	23	163	5.0	9	0.4	0.13	0.15	0.06	0.08
	辣椒(红,尖,干)	88	14.6	887	15.0	12.0	52.7	41.7	-	5.7	-	-	-	0.53	0.16	1.2	-	8.76	12	298	1085	4.0	131	6.0	8.21	-	0.61	11.70
	辣椒(红,小)	80	88.8	134	1.3	0.4	8.9	3.2	-	0.6	232	1390	-	0.03	0.06	0.8	144	0.44	37	95	222	2.6	16	1.4	0.30	1.90	0.11	0.18
	辣椒(青,尖)	84	91.9	96	1.4	0.3	5.8	2.1	-	0.6	57	340	-	0.03	0.04	0.5	62	0.88	15	33	209	2.2	15	0.7	0.22	0.62	0.11	0.14



续表

类别	食物名称	食部/g	水分(%)	能量/kJ	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胆固醇/mg	灰分/g	维生素A/μg	胡萝卜素/μg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素C/mg	维生素E/mg	钙/mg	磷/mg	钾/mg	钠/mg	镁/mg	铁/mg	锌/mg	硒/μg	铜/mg	锰/mg
咸菜类	酱大头菜	100	74.8	151	2.4	0.3	8.4	2.4	–	14.1	–	–	–	0.03	0.08	0.8	5	0.16	77	41	268	4623.7	57	6.7	0.78	1.40	0.14	0.57
	冬菜	100	68.4	192	3.5	0.3	10.1	2.8	–	17.7	12	70	–	0.02	0.09	0.9	…	–	135	81	443	7228.6	–	11.4	0.98	1.65	0.13	0.66
	酱黄瓜	100	76.2	100	3.0	0.3	3.4	1.2	–	17.1	30	180	–	0.06	0.01	0.9	…	–	52	73	299	3769.5	17	3.7	0.89	2.42	0.09	0.64
	腌韭菜花	100	79.0	63	1.3	0.3	2.8	1.0	–	16.6	28	170	–	0.04	0.06	0.7	–	0.25	76	31	94	5184.0	22	5.3	0.25	2.60	0.08	0.28
	萝卜干	100	67.7	251	3.3	0.2	14.6	3.4	–	14.2	–	–	–	0.04	0.09	0.9	17	–	53	65	508	4203.0	44	3.4	1.27	–	0.25	0.87
	榨菜	100	75.0	121	2.2	0.3	6.5	2.1	–	16.0	82	490	–	0.03	0.06	0.5	2	–	155	41	363	4252.6	54	3.9	0.63	1.93	0.14	0.35
菌藻类	海带(干)[江白菜,昆布]	98	70.5	322	1.8	0.1	23.4	6.1	–	4.2	40	240	–	0.01	0.10	0.8	…	0.85	348	52	761	327.4	129	4.7	0.65	5.84	0.14	1.14
	金针菇[智力菇]	100	90.2	109	2.4	0.4	6.0	2.7	–	1.0	5	30	–	0.15	0.19	4.1	2	1.14	–	97	195	4.3	17	1.4	0.39	0.28	0.14	0.10
	蘑菇(鲜蘑)	99	92.4	84	2.7	0.1	4.1	2.1	–	0.7	2	10	–	0.08	0.35	4.0	2	0.56	6	94	312	8.3	11	1.2	0.92	0.55	0.49	0.11
	木耳(干)[黑木耳,云耳]	100	15.5	858	12.1	1.5	65.6	29.9	–	5.3	17	100	–	0.17	0.44	2.5	–	11.34	247	292	757	48.5	152	97.4	3.18	3.72	0.32	8.86
	平菇[糙皮侧耳,青蘑]	93	92.5	84	1.9	0.3	4.6	2.3	–	0.7	2	10	–	0.06	0.16	3.1	4	0.79	5	86	258	3.8	14	1.0	0.61	1.07	0.08	0.07
	银耳(干)[白木耳]	96	14.6	837	10.0	1.4	67.3	30.4	–	6.7	8	50	–	0.05	0.25	5.3	–	1.26	36	369	1588	82.1	54	4.1	3.03	2.95	0.08	0.17
	紫菜(干)	100	12.7	866	26.7	1.1	44.1	21.6	–	15.4	228	1370	–	0.27	1.02	7.3	2	1.82	264	350	1796	710.5	105	54.9	2.47	7.22	1.68	4.32
鲜果及干果类	菠萝[凤梨,地菠萝]	68	88.4	172	0.5	0.1	10.8	1.3	–	0.2	3	20	–	0.04	0.02	0.2	18	–	12	9	113	0.8	8	0.6	0.14	0.24	0.07	1.04
	草莓[洋莓,凤阳草莓]	97	91.3	126	1.0	0.2	7.1	1.1	–	0.4	5	30	–	0.02	0.03	0.3	47	0.71	18	27	131	4.2	12	1.8	0.14	0.70	0.04	0.49
	柑橘(x)	77	86.9	213	0.7	0.2	11.9	0.4	–	0.3	148	890	–	0.08	0.04	0.4	28	0.92	35	18	154	1.4	11	0.2	0.08	0.30	0.04	0.14

续表

类别	食物名称	食部/g	水分(%)	能量/kJ	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胆固醇/mg	灰分/g	维生素A/μg	胡萝卜素/μg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素C/mg	维生素E/mg	钙/mg	磷/mg	钾/mg	钠/mg	镁/mg	铁/mg	锌/mg	硒/μg	铜/mg	锰/mg
鲜果及干果类	桂圆	50	81.4	297	1.2	0.1	16.6	0.4	-	0.7	3	20	-	0.01	0.14	1.3	43	-	6	30	248	3.9	10	0.2	0.40	0.83	0.10	0.07
	红果[山里红，大山楂]	76	73.0	397	0.5	0.6	25.1	3.1	-	0.8	17	100	-	0.02	0.02	0.4	53	7.32	52	24	299	5.4	19	0.9	0.28	1.22	0.11	0.24
	四川红橘	78	89.1	167	0.7	0.1	9.8	0.7	-	0.3	30	180	-	0.24	0.04	0.3	33	0.27	42	25	105	1.7	4	0.5	0.17	0.10	0.04	…
	鸭梨	82	88.3	180	0.2	0.2	11.1	1.1	-	0.2	2	10	-	0.03	0.03	0.2	4	0.31	4	14	77	1.5	5	0.9	0.10	0.28	0.19	0.06
	荔枝	73	81.9	293	0.9	0.2	16.6	0.5	-	0.4	2	10	-	0.10	0.04	1.1	41	-	2	24	151	1.7	12	0.4	0.17	0.14	0.16	0.09
	芒果[抹猛果，望果]	60	90.6	134	0.6	0.2	8.3	1.3	-	0.3	150	897	-	0.01	0.04	0.3	23	1.21	Tr	11	138	2.8	14	0.2	0.09	1.44	0.06	0.20
	柠檬	66	91.0	146	1.1	1.2	6.2	1.3	-	0.5	…	…	-	0.05	0.02	0.6	22	1.14	101	22	209	1.1	37	0.8	0.65	0.50	0.14	0.05
	苹果($\bar{x}$)	76	85.9	218	0.2	0.2	13.5	1.2	-	0.2	3	20	-	0.06	0.02	0.2	4	2.12	4	12	119	1.6	4	0.6	0.19	0.12	0.06	0.03
	葡萄($\bar{x}$)	86	88.7	180	0.5	0.2	10.3	0.4	-	0.3	8	50	-	0.04	0.02	0.2	25	0.70	5	13	104	1.3	8	0.4	0.18	0.20	0.09	0.06
	巨峰葡萄	84	87.0	209	0.4	0.2	12.0	0.4	-	0.4	5	30	-	0.03	0.01	0.1	4	0.34	7	17	128	2.0	6	0.6	0.14	0.50	0.10	0.04
	马奶子葡萄	84	89.6	167	0.5	0.4	9.1	0.4	-	0.4	8	50	-	…	0.03	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	柿	87	80.6	297	0.4	0.1	18.5	1.4	-	0.4	20	120	-	0.02	0.02	0.3	30	1.12	9	23	151	0.8	19	0.2	0.08	0.24	0.06	0.50
	桃(－)	86	86.4	201	0.9	0.1	12.2	1.3	-	0.4	3	20	-	0.01	0.03	0.7	7	1.54	6	20	166	5.7	7	0.8	0.34	0.24	0.05	0.07
	杏	91	89.4	151	0.9	0.1	9.1	1.3	-	0.5	75	450	-	0.02	0.03	0.6	4	0.95	14	15	226	2.3	11	0.6	0.20	0.20	0.11	0.06
	椰子	33	51.8	967	4.0	12.1	31.3	4.7	-	0.8	-	-	-	0.01	0.01	0.5	6	-	2	90	475	55.6	65	1.8	0.92	-	0.19	0.06
	枣(鲜)	87	67.4	510	1.1	0.3	30.5	1.9	-	0.7	40	240	-	0.06	0.09	0.9	243	0.78	22	23	375	1.2	25	1.2	1.52	0.80	0.06	0.32
	中华猕猴桃	83	83.4	234	0.8	0.6	14.5	2.6	-	0.7	22	130	-	0.05	0.02	0.3	62	2.43	27	26	144	10.0	12	1.2	0.57	0.28	1.87	0.73



续表

类别	食物名称	食部/g	水分(%)	能量/kJ	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胆固醇/mg	灰分/g	维生素A/μg	胡萝卜素/μg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素C/mg	维生素E/mg	钙/mg	磷/mg	钾/mg	钠/mg	镁/mg	铁/mg	锌/mg	硒/μg	铜/mg	锰/mg
坚果类	核桃(干)[胡桃]	43	5.2	2623	14.9	58.8	19.1	9.5	–	2.0	5	30	–	0.15	0.14	0.9	1	43.21	56	294	385	6.4	131	2.7	2.17	4.62	1.17	3.44
	花生仁(生)	100	6.9	2356	24.8	44.3	21.7	5.5	–	2.3	5	30	–	0.72	0.13	17.9	2	18.09	39	324	587	3.6	178	2.1	2.50	3.94	0.95	1.25
	葵花子(生)	50	2.4	2498	23.9	49.9	19.1	6.1	–	4.7	5	30	–	0.36	0.20	4.8	…	34.53	72	238	562	5.5	264	5.7	6.03	1.21	2.51	1.95
	莲子(干)	100	9.5	1439	17.2	2.0	67.2	3.0	–	4.1	–	–	–	0.16	0.08	4.2	5	2.71	97	550	846	5.1	242	3.6	2.78	3.36	1.33	8.23
	栗子(干)	73	13.4	1443	5.3	1.7	78.4	1.2	–	1.2	5	30	–	0.08	0.15	0.8	25	11.45	–	–	–	8.5	56	1.2	1.32	–	1.34	1.14
	南瓜子仁	100	9.2	2368	33.2	48.1	4.9	4.9	–	4.6	–	–	–	0.23	0.09	1.8	Tr	13.25	16	1159	102	20.6	2	1.5	2.57	2.78	1.11	0.64
	松子(生)	32	3.0	2678	12.6	62.6	19.0	12.4	–	2.8	7	40	–	0.41	0.09	3.8	–	34.48	3	620	184	–	567	5.9	9.02	0.63	2.68	10.35
	西瓜子仁	100	9.2	2326	32.4	45.9	8.6	5.4	–	3.9	–	–	–	0.20	0.08	1.4	Tr	27.37	…	818	186	9.4	1	4.7	0.39	11.00	0.04	1.21
畜肉类及制品	牛肉(瘦)	100	75.2	444	20.2	2.3	1.2	–	58	1.1	6	–	6	0.07	0.13	6.3	–	0.35	9	172	284	53.6	21	2.8	3.71	10.55	0.16	0.04
	牛心	100	77.2	444	15.4	3.5	3.1	–	115	0.8	17	–	17	0.26	0.39	6.8	5	0.19	4	178	282	47.9	25	5.9	2.41	14.80	0.37	0.06
	兔肉	100	76.2	427	19.7	2.2	0.9	–	59	1.0	26	–	26	0.11	0.10	5.8	–	0.42	12	165	284	45.1	15	2.0	1.30	10.93	0.12	0.04
	羊肝	100	69.7	561	17.9	3.6	7.4	–	349	1.4	20 972	–	20 972	0.21	1.75	22.1	–	29.93	8	299	241	123.0	14	7.5	3.45	17.68	4.51	0.26
	羊肉(瘦)	90	74.2	494	20.5	3.9	0.2	–	60	1.2	11	–	11	0.15	0.16	5.2	–	0.31	9	196	403	69.4	22	3.9	6.06	7.18	0.12	0.03
	猪大肠	100	73.6	820	6.9	18.7	0	–	137	0.8	7	–	7	0.06	0.11	1.9	–	0.50	10	56	44	116.3	8	1.0	0.98	16.95	0.06	0.07
	猪肚	96	78.2	460	15.2	5.1	0.7	–	165	0.8	3	–	3	0.07	0.16	3.7	–	0.32	11	124	171	75.1	12	2.4	1.92	12.76	0.10	0.12
	猪肝	99	70.7	540	19.3	3.5	5.0	–	288	1.5	4972	–	4972	0.21	2.08	15.0	20	0.86	6	310	235	68.6	24	22.6	5.78	19.21	0.65	0.26
	猪肉(肥)	100	8.8	3376	2.4	88.6	0	–	109	0.2	29	–	29	0.08	0.05	0.9	–	0.24	3	18	23	19.5	2	1.0	0.69	7.78	0.05	0.03
	猪肉(肥瘦)(x)	100	46.8	1653	13.2	37.0	2.4	–	80	0.6	18	–	18	0.22	0.16	3.5	–	0.35	6	162	204	59.4	16	1.6	2.06	11.97	0.06	0.03
	猪肉(瘦)	100	71.0	598	20.3	6.2	1.5	–	81	1.0	44	–	44	0.54	0.10	5.3	–	0.34	6	189	305	57.5	25	3.0	2.99	9.50	0.11	0.03
	猪心	97	76.0	498	16.6	5.3	1.1	–	151	1.0	13	–	13	0.19	0.48	6.8	4	0.74	12	189	260	71.2	17	4.3	1.90	14.94	0.37	0.05
	猪血	100	85.8	230	12.2	0.3	0.9	–	51	0.8	–	–	–	0.03	0.04	0.3	–	0.20	4	16	56	56.0	5	8.7	0.28	7.94	0.10	0.03
	猪肘棒(熟)	72	49.5	1314	21.3	24.5	2.1	–	108	2.6	…	–	…	0.04	0.09	3.8	–	–	55	102	106	753.9	6	1.6	2.66	11.10	0.12	0.07

续表

类别	食物名称	食部/g	水分(%)	能量/kJ	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胆固醇/mg	灰分/g	维生素A/μg	胡萝卜素/μg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素C/mg	维生素E/mg	钙/mg	磷/mg	钾/mg	钠/mg	镁/mg	铁/mg	锌/mg	硒/μg	铜/mg	锰/mg
禽肉类及制品	鹌鹑	58	75.1	460	20.2	3.1	0.2	–	157	1.4	40	–	40	0.04	0.32	6.3	–	0.44	48	179	204	48.4	20	2.3	1.19	11.67	0.10	0.08
	北京烤鸭	80	38.2	1824	16.6	38.4	6.0	–	–	0.8	36	–	36	0.04	0.32	4.5	–	0.97	35	175	247	83.0	13	2.4	1.25	10.32	0.12	…
	鹅	63	61.4	1050	17.9	19.9	0	–	74	0.8	42	–	42	0.07	0.23	4.9	–	0.22	4	144	232	58.8	18	3.8	1.36	17.68	0.43	0.04
	鸽	42	66.6	841	16.5	14.2	1.7	–	99	1.0	53	–	53	0.06	0.20	6.9	–	0.99	30	136	334	63.6	27	3.8	0.82	11.08	0.24	0.05
	鸡($\bar{x}$)	66	69.0	699	19.3	9.4	1.3	–	106	1.0	48	–	48	0.05	0.09	5.6	–	0.67	9	156	251	63.3	19	1.4	1.09	11.75	0.07	0.03
	鸡翅	69	65.4	812	17.4	11.8	4.6	–	113	0.8	68	–	68	0.01	0.11	5.3	–	0.25	8	161	205	50.8	17	1.3	1.12	10.98	0.05	0.03
	鸡腿	69	70.2	757	16.0	13.0	0	–	162	0.8	44	–	44	0.02	0.14	6.0	–	0.03	6	172	242	64.4	34	1.5	1.12	12.40	0.09	0.03
	鸡肝	100	74.4	506	16.6	4.8	2.8	–	356	1.4	10 414	–	10 414	0.33	1.10	11.9	–	1.88	7	263	222	92.0	16	12.0	2.40	38.55	0.32	0.24
	瓦罐鸡汤(肉)	100	63.3	795	20.9	9.5	5.2	–	116	1.1	63	–	63	0.01	0.21	0.5	–	1.08	16	62	23	201.2	8	1.9	2.20	–	0.16	–
	鸭($\bar{x}$)	68	63.9	1004	15.5	19.7	0.2	–	94	0.7	52	–	52	0.08	0.22	4.2	–	0.27	6	122	191	69.0	14	2.2	1.33	12.25	0.21	0.06
	鸭翅	67	70.6	611	16.5	6.1	6.3	–	49	0.5	14	–	14	0.02	0.16	2.4	–	–	20	84	100	53.6	5	2.1	0.74	10.00	…	…
	鸭肝	100	76.3	536	14.5	7.5	0.5	–	341	1.2	1040	–	1040	0.26	1.05	6.9	18	1.41	18	283	230	87.2	18	23.1	3.08	57.27	1.31	0.28
乳类及制品	人乳	100	87.6	272	1.3	3.4	7.4	–	11	0.3	11	–	11	0.01	0.05	0.2	5	–	30	13	–	–	32	0.1	0.28	–	0.03	–
	奶油	100	0.7	3678	0.7	97.0	0.9	–	209	0.7	297	…	297	…	0.01	0	…	1.99	14	11	226	268.0	2	1.0	0.09	0.70	0.42	…
	牛乳(–)	100	89.8	226	3.0	3.2	3.4	–	15	0.6	24	–	24	0.03	0.14	0.1	1	0.21	104	73	109	37.2	11	0.3	0.42	1.94	0.02	0.03
	牛乳粉(多维奶粉)	100	2.8	2025	19.9	22.7	49.9	–	68	4.7	77	–	77	0.28	6.68	0.5	9	0.48	1797	324	1910	567.8	22	1.4	3.71	16.80	0.11	0.02
	酸奶(–)	100	84.7	301	2.5	2.7	9.3	–	15	0.8	26	–	26	0.03	0.15	0.2	1	0.12	118	85	150	39.8	12	0.4	0.53	1.71	0.03	0.02



续表

类别	食物名称	食部/g	水分(%)	能量/kJ	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胆固醇/mg	灰分/g	维生素A/μg	胡萝卜素/μg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素C/mg	维生素E/mg	钙/mg	磷/mg	钾/mg	钠/mg	镁/mg	铁/mg	锌/mg	硒/μg	铜/mg	锰/mg
蛋类及制品	鹌鹑蛋	86	73.0	669	12.8	11.1	2.1	–	515	1.0	337	–	337	0.11	0.49	0.1	–	3.08	47	180	138	106.6	11	3.2	1.61	25.48	0.09	0.04
	鹅蛋	87	69.3	820	11.1	15.6	2.8	–	704	1.2	192	–	192	0.08	0.30	0.4	–	4.50	34	130	74	90.6	12	4.1	1.43	27.24	0.09	0.04
	鸡蛋(白皮)	87	75.8	577	12.7	9.0	1.5	–	585	1.0	310	–	310	0.09	0.31	0.2	–	1.23	48	176	98	94.7	14	2.0	1.00	16.55	0.06	0.03
	松花蛋(鸭蛋)[皮蛋]	90	68.4	715	14.2	10.7	4.5	–	608	2.2	215	–	215	0.06	0.18	0.1	–	3.05	63	165	152	542.7	13	3.3	1.48	25.24	0.12	0.06
	鸭蛋	87	70.3	753	12.6	13.0	3.1	–	565	1.0	261	–	261	0.17	0.35	0.2	–	4.98	62	226	135	106.0	13	2.9	1.67	15.68	0.11	0.04
	咸鸭蛋	88	61.3	795	12.7	12.7	6.3	–	647	7.0	134	–	134	0.16	0.33	0.1	–	6.25	118	231	184	2706.1	30	3.6	1.74	24.04	0.14	0.10
鱼类	草鱼[白鲩,草包鱼]	58	77.3	473	16.6	5.2	0	–	86	1.1	11	–	11	0.04	0.11	2.8	–	2.03	38	203	312	46.0	31	0.8	0.87	6.66	0.05	0.05
	鲳鱼[平鱼,银鲳,刺鲳]	70	72.8	586	18.5	7.3	0	–	77	1.4	24	–	24	0.04	0.07	2.1	–	1.26	46	155	328	62.5	39	1.1	0.80	27.21	0.14	0.07
	带鱼[白带鱼,刀鱼]	76	73.3	531	17.7	4.9	3.1	–	76	1.0	29	–	29	0.02	0.06	2.8	–	0.82	28	191	280	150.1	43	1.2	0.70	36.57	0.08	0.17
	黄鳝[鳝鱼]	67	78.0	372	18.0	1.4	1.2	–	126	1.4	50	–	50	0.06	0.98	3.7	–	1.34	42	206	263	70.2	18	2.5	1.97	34.56	0.05	2.22
	鲫鱼[喜头鱼,海附鱼]	54	75.4	452	17.1	2.7	3.8	–	130	1.0	17	–	17	0.04	0.09	2.5	–	0.68	79	193	290	41.2	41	1.3	1.94	14.31	0.08	0.06
	鲤鱼[鲤拐子]	54	76.7	456	17.6	4.1	0.5	–	84	1.1	25	–	25	0.03	0.09	2.7	–	1.27	50	204	334	53.7	33	1.0	2.08	15.38	0.06	0.05
	鲇鱼[胡子鲇,鲢胡]	65	78.0	431	17.3	3.7	0	–	163	1.1	–	–	–	0.03	0.10	2.5	–	0.54	42	195	351	49.6	22	2.1	0.53	27.49	0.09	0.03
	泥鳅	60	76.6	402	17.9	2.0	1.7	–	136	1.8	14	–	14	0.10	0.33	6.2	–	0.79	299	302	282	74.8	28	2.9	2.76	35.30	0.09	0.47
	青鱼[青皮鱼,青鳞鱼]	63	73.9	494	20.1	4.2	0	–	108	2.4	42	–	42	0.03	0.07	2.9	–	0.81	31	184	325	47.4	32	0.9	0.96	37.69	0.06	0.04

续表

类别	食物名称	食部/g	水分(%)	能量/kJ	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胆固醇/mg	灰分/g	维生素A/μg	胡萝卜素/μg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素C/mg	维生素E/mg	钙/mg	磷/mg	钾/mg	钠/mg	镁/mg	铁/mg	锌/mg	硒/μg	铜/mg	锰/mg
鱼类	鲍鱼[杂色鲍]	65	77.5	351	12.6	0.8	6.6	–	242	2.5	24	–	24	0.01	0.16	0.2	–	2.20	266	77	136	2011.7	59	22.6	1.75	21.38	0.72	0.40
	鲍鱼(干)	100	18.3	1347	54.1	5.6	13.7	–	–	8.3	28	–	28	0.02	0.13	7.2	–	0.85	143	251	366	2316.2	352	6.8	1.68	66.60	0.45	0.32
软体动物类	牡蛎[海蛎子]	100	82.0	305	5.3	2.1	8.2	–	100	2.4	27	–	27	0.01	0.13	1.4	–	0.81	131	115	200	462.1	65	7.1	9.39	86.64	8.13	0.85
	海参	100	77.1	326	16.5	0.2	2.5	–	51	3.7	…	–	…	0.03	0.04	0.1	–	3.14	285	28	43	502.9	149	13.2	0.63	63.93	0.05	0.76
	墨鱼(干)	82	24.8	1201	65.3	1.9	2.1	–	316	5.9	…	–	…	0.02	0.05	3.6	–	6.73	82	413	1261	1744.0	359	23.9	10.02	104.40	4.20	0.20
	鱿鱼(干)	98	21.8	1310	60.0	4.6	7.8	–	871	5.8	–	–	–	0.02	0.13	4.9	–	9.72	87	392	1131	965.3	192	4.1	11.24	156.12	1.07	0.18
虾蟹类	对虾	61	76.5	389	18.6	0.8	2.8	–	193	1.3	15	–	15	0.01	0.07	1.7	–	0.62	62	228	215	165.2	43	1.5	2.38	33.72	0.34	0.12
	虾皮	100	42.4	640	30.7	2.2	2.5	–	428	22.2	19	–	19	0.02	0.14	3.1	–	0.92	991	582	617	5057.7	265	6.7	1.93	74.43	1.08	0.82
	虾米[海米,虾仁]	100	37.4	828	43.7	2.6	0	–	525	17.0	21	–	21	0.01	0.12	5.0	–	1.46	555	666	550	4891.9	236	11.0	3.82	75.40	2.33	0.77
	海蟹	55	77.1	397	13.8	2.3	4.7	–	125	2.1	30	–	30	0.01	0.10	2.5	–	2.99	208	142	232	260.0	47	1.6	3.32	82.65	1.67	0.18
	河蟹	42	75.8	431	17.5	2.6	2.3	–	267	1.8	389	–	389	0.06	0.28	1.7	–	6.09	126	182	181	193.5	23	2.9	3.68	56.72	2.97	0.42
油脂类	牛油	100	6.2	3494*	–	92.0	1.8	–	153	–	54	–	54	–	–	–	–	–	9	9	3	9.4	1	3.0	0.79	–	0.01	…
	猪油(板油)	100	4.0	3460*	…	88.7	7.2	–	110	0.1	89	–	89	–	–	–	–	21.83	…	10	14	138.5	1	2.1	0.80	–	0.05	0.63
	猪油(炼)	100	0.2	3753*	…	99.6	0.2	–	93	…	27	–	27	0.02	0.03	…	–	5.21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	豆油	100	0.1	3761*	…	99.9	0	–	–	…	–	–	–	…	Tr	Tr	–	93.08	13	7	3	4.9	3	2.0	1.09	–	0.16	0.43
	花生油	100	0.1	3761*	…	99.9	0	–	–	0.1	–	–	–	…	Tr	Tr	–	42.06	12	15	1	3.5	2	2.9	0.48	–	0.15	0.33
	棉籽油	100	0.1	3761*	…	99.8	0.1	–	–	…	–	–	–	…	…	Tr	–	86.45	17	16	1	4.5	1	2.0	0.74	–	0.08	…
	芝麻油[香油]	100	0.1	3757*	…	99.7	0.2	–	–	…	–	–	–	…	…	Tr	–	68.53	9	4	…	1.1	3	2.2	0.17	–	0.05	0.76



续表

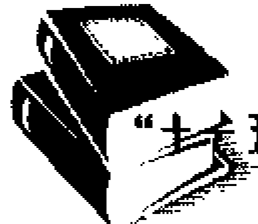
类别	食物名称	食部/g	水分(%)	能量/kJ	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	膳食纤维/g	胆固醇/mg	灰分/g	维生素A/μg	胡萝卜素/μg	视黄醇/μg	硫胺素/mg	核黄素/mg	尼克酸/mg	维生素C/mg	维生素E/mg	钙/mg	磷/mg	钾/mg	钠/mg	镁/mg	铁/mg	锌/mg	硒/μg	铜/mg	锰/mg
糕点类	饼干($\bar{x}$)	100	5.7	1812	9.0	12.7	71.7	1.1	81	0.9	37	80	24	0.08	0.04	4.7	3	4.57	73	88	85	204.1	50	1.9	0.91	12.47	0.23	0.87
	蛋糕($\bar{x}$)	100	18.6	1452	8.6	5.1	67.1	0.4	—	0.6	86	190	54	0.09	0.09	0.8	—	2.80	39	130	77	67.8	24	2.5	1.01	14.07	1.21	1.00
	麻花	100	6.0	2192	8.3	31.5	53.4	1.5	—	0.8	…	—	…	0.05	0.01	3.2	—	21.60	26	136	213	99.2	67	—	3.06	7.20	0.23	1.01
	面包($\bar{x}$)	100	27.4	1305	8.3	5.1	58.6	0.5	—	0.6	—	—	—	0.03	0.06	1.7	—	1.66	49	107	88	230.4	31	2.0	0.75	3.15	0.27	0.37
茶及饮料	冰棍	100	88.3	197	0.8	0.2	10.5	—	—	0.2	…	—	…	0.01	0.01	0.2	—	0.11	31	13	…	20.4	…	0.9	…	0.25	0.02	0.10
	冰激凌	100	74.4	531	2.4	5.3	17.3	—	—	0.6	48	—	48	0.01	0.03	0.2	—	0.24	126	67	125	54.2	12	0.5	0.37	1.73	0.02	0.05
	红茶	100	7.3	1230	26.7	1.1	59.2	14.8	—	5.7	645	3870	—	…	0.17	6.2	8	5.47	378	390	1934	13.6	183	28.1	3.97	56.00	2.56	49.80
	绿茶	100	7.5	1238	34.2	2.3	50.3	15.6	—	5.7	967	5800	—	0.02	0.35	8.0	19	9.57	325	191	1661	28.2	196	14.4	4.34	3.18	1.74	32.60
	橘子汁	100	70.1	498*	…	0.1	29.6	—	—	0.2	2	10	—	—	…	…	2	—	4	…	6	18.6	2	0.1	0.03	…	…	…
	橙汁汽水	100	94.9	84*	…	…	5.1	—	—	Tr	10	60	—	…	0.02	…	…	—	10	Tr	3	8.1	2	0.1	0.02	…	0.08	…
	柠檬汽水	100	90.5	159*	—	—	9.5	—	—	Tr	—	—	—	—	—	—	…	—	9	Tr	…	3.3	4	…	…	…	0.07	—
酒类	曲酒(55度)	—	—	1381*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	红葡萄酒(—)	—	—	310	0.1	—	—	—	—	0.1	—	—	—	0.04	0.01	—	—	—	20	4	27	1.7	8	0.2	0.08	0.11	0.02	0.04
	黄酒	—	—	266	1.6	—	—	—	—	0.3	—	—	—	0.02	0.05	0.5	—	—	41	21	26	5.2	15	0.6	0.52	0.66	0.07	0.27
	北京啤酒(—)	—	—	138	0.4	—	—	—	—	0.4	—	—	—	—	0.03	—	—	—	—	2	85	—	—	—	0.29	—	—	—
糖及制品	白砂糖	100	Tr	1647*	…	…	99.9	…	—	0.1	—	—	—	…	…	…	…	—	20	8	5	0.4	3	0.6	0.06	—	0.04	0.09
	蜂蜜	100	22.0	1343	0.4	1.9	75.6	—	—	0.1	—	—	—	…	0.05	0.1	3	—	4	3	28	0.3	2	1.0	0.37	0.15	0.03	0.07

续表

类别	食物名称	食部 /g	水分 (%)	能量 /kJ	蛋白质 /g	脂肪 /g	碳水化合物 /g	膳食纤维 /g	胆固醇 /mg	灰分 /g	维生素A /μg	胡萝卜素 /μg	视黄醇 /μg	硫胺素 /mg	核黄素 /mg	尼克酸 /mg	维生素C /mg	维生素E /mg	钙 /mg	磷 /mg	钾 /mg	钠 /mg	镁 /mg	铁 /mg	锌 /mg	硒 /μg	铜 /mg	锰 /mg
糖及制品	红糖	100	1.9	1628*	0.7	…	96.6	—	—	0.8	—	—	—	0.01	—	0.3	—	—	157	11	240	18.3	54	2.2	0.35	4.20	0.15	0.27
	泡泡糖	68	9.7	1506*	0.2	—	89.8	—	—	0.3	—	—	—	0.04	0.09	0.5	—	—	6	4	…	20.6	3	…	0.08	—	0.03	—
	巧克力	100	1.0	2452	4.3	40.1	53.4	1.5	—	1.2	—	—	—	0.06	0.08	1.4	—	1.62	111	114	254	111.8	56	1.7	1.02	1.20	0.23	0.61
淀粉类	蚕豆淀粉	100	14.1	1427*	0.5	Tr	85.3	0.5	—	0.1	—	—	—	0.04	…	—	—	—	36	29	10	18.2	8	2.3	0.05	0.54	0.04	0.07
	豌豆淀粉	100	13.6	1427*	0.6	…	85.0	0.3	—	0.8	—	—	—	0.01	…	0.1	—	—	4	10	93	3.4	4	1.7	0.22	…	0.03	0.29
	玉米淀粉	100	13.5	1443	1.2	0.1	85.0	0.1	—	0.2	—	—	—	0.03	0.04	1.1	—	—	18	25	8	6.3	6	4.0	0.09	0.70	0.07	0.05
	粉丝	100	15.0	1402	0.8	0.2	83.7	1.1	—	0.3	—	—	—	0.03	0.02	0.4	—	—	31	16	18	9.3	11	6.4	0.27	3.39	0.05	0.15
调味品类	醋(-)	100	90.6	130	2.1	0.3	4.9	…	—	2.1	—	—	—	0.03	0.05	1.4	—	—	17	96	351	262.1	13	6.0	1.25	2.43	0.04	2.97
	豆瓣酱	100	46.6	745	13.6	6.8	17.1	1.5	—	15.9	—	—	—	0.11	0.46	2.4	—	0.57	53	154	772	6012.0	125	16.4	1.47	10.20	0.62	1.37
	五香豆豉	100	22.7	1084	24.1	3.0	39.7	5.9	—	10.5	—	—	—	0.02	0.09	0.6	—	40.69	29	43	715	263.8	202	3.7	2.37	4.55	1.04	3.17
	酱油(一级)	100	64.8	276	8.3	0.6	6.9	—	—	19.4	—	—	—	0.03	0.25	1.7	—	—	27	173	848	4861.1	130	7.0	2.13	3.75	0.07	1.05
	郫县辣酱	100	51.4	372	4.0	1.0	24.8	8.9	—	18.8	173	1040	—	0.04	0.22	2.1	—	8.33	106	125	585	5658.1	121	11.8	0.56	1.23	0.35	0.76
	芝麻酱	100	0.3	2586	19.2	52.7	22.7	5.9	—	5.1	17	100	—	0.16	0.22	5.8	—	35.09	1170	626	342	38.5	238	50.3	4.01	4.86	0.97	1.64

注：符号及意义：-，未测定；…，未检出；Tr，微量；( )，对食物的补充说明；[ ]，食物别名；x，该条数据为几种相同食物数据的均值；*、数值不确定或为估计值

资料来源：杨月欣．中国食物成分表2002．北京：北京大学医学出版社，2002



附录3　中国食物与营养发展纲要(2001—2010年)

从新世纪开始,我国人民生活在总体达到小康水平的基础上继续改善,向全面建设小康社会迈进。今后十年,将是我国居民食物结构迅速变化和营养水平不断提高的重要时期。加快食物发展,改善食物结构,提高全民营养水平,增进人民身体健康,是国民整体素质提高的迫切需要,也是我国社会主义现代化建设的重大任务。为指导我国食物与营养持续、协调发展,特制定本纲要。

一、食物与营养发展的基本状况

(一)我国食物与营养发展的成就

《九十年代中国食物结构改革与发展纲要》颁布以来,我国国民经济持续发展,农业和农村经济发展进入了新阶段,实现了农产品供给由长期短缺到总量基本平衡、丰年有余的历史性转变,人民生活水平不断提高,推动了食物需求持续增长,全民营养状况得到全面改善。社会主义市场经济体制的逐步建立,为食物发展创造了良好的外部环境。科技进步已经渗透到食物发展的各个环节,加速了传统食物的改造,拓宽了食物发展的空间。我国食物与营养进入了一个新的发展阶段。

1. 食物综合生产能力显著增强。我国粮食的年均生产能力已达到5亿吨的水平,人均粮食占有量达到400公斤左右。在粮食生产稳步增长的同时,肉、蛋、水产品以及水果、蔬菜生产都有了快速的增长,为提高人民生活水平奠定了坚实的物质基础。

2. 食物消费质量明显提高。1990年到2000年,全国居民人均收入从904元增加到1625元(1990年不变价)。人均食物消费支出占生活消费总支出的比重逐步降低,恩格尔系数从60.3%下降到46.0%。食物消费结构得到了显著改善。2000年人均消费:口粮206公斤,蔬菜110公斤,食用植物油8.2公斤,食糖7.0公斤,肉类25.3公斤,蛋类11.8公斤,奶类5.5公斤,水产品11.7公斤。与1990年相比,蛋、奶、水产品人均消费量有较大幅度提高。

3. 居民营养结构有较大改善。20世纪90年代以来,全国居民摄入能量比较稳定,摄入的蛋白质总量中动物性蛋白质所占的比重有了一定增长,膳食质量显著改善。通过90年代后期部分地区典型监测表明,居民人均每日摄入能量2387千卡,蛋白质70.5克,脂肪54.7克。其中城镇居民人均摄入能量2253千卡,蛋白质69.2克,脂肪72克;农村居民人均摄入能量2449千卡,蛋白质71.1克,脂肪46.7克,基本达到了营养素供给量标准。

(二)当前食物与营养发展中存在的问题

4. 食物生产、消费、营养不协调,生产结构不能满足营养结构改善的需要。从目前情况看,一是我国优质农产品比重偏低,奶类、大豆等优质食物消费明显不足。二是城乡居民营养不平衡,地区差异较大,城市居民因膳食不平衡或营养过剩导致的疾病迅速增多,农村地区特别是贫困地区营养不良现象仍然存在。三是食品工业发展滞后,产品结构不合理,技术装备总体水平偏低,食品工业产值不足农业产值的40%,加工食品消费量仅占食品消费量的30%,与世界

先进国家的差距较大。

5. 食物质量、安全和卫生存在隐患。部分地区食物生产的环境恶化,受到工业和城市的污染,生产过程中化肥、农药、兽药、饲料添加剂使用不当,加工中食品添加剂和技术使用不尽合理,导致部分食物有害物质残留超标,严重影响人民健康。

(三)食物与营养发展面临的新形势

6. 食物与营养发展面临新的形势:一是居民生活水平的不断提高,对食物多样化、优质化需求明显增加,对食物安全卫生要求不断提高。二是居民食物消费正处于由小康向更加富裕转型的时期,急需加强对居民食物与营养的指导工作,促进居民形成良好的饮食习惯。否则,既会造成资源浪费,也可能会影响一代甚至几代人身体素质的提高。三是世界经济和现代科技的发展,使国际食物与营养产业呈加速发展趋势,必须加快我国食物与营养工作,以跟上世界发展步伐。

因此,今后十年,我国食物与营养工作面临着十分艰巨的任务,必须调整战略,转变观念,明确发展重点,制定有效的政策措施,促进食物与营养取得新的发展。

二、食物与营养发展的指导思想、基本原则和目标

(一)食物与营养发展的指导思想和基本原则

7. 食物与营养发展的指导思想。适应我国人民生活水平提高和营养改善的要求,为提高中华民族素质、实现中华民族伟大复兴,动员和号召全社会力量,加快我国食物与营养的发展。紧紧围绕食物发展的重点领域、重点地区、重点人群,分类指导,全面推进,建设现代食物生产、加工和市场体系,调整引导我国食物结构向营养、卫生、科学、合理方向发展,经过不懈努力,使我国居民的食物消费与营养整体水平有较大幅度提高。

8. 食物与营养发展的基本原则。坚持食物生产与消费协调发展的原则,适应居民营养改善的需要,建立以农业为基础、以食品工业为龙头的现代食物产业体系;坚持食物资源利用与保护相结合的原则,合理开发利用各种食物资源,实现可持续发展;坚持食物质量与安全卫生管理相结合的原则,加强对食物质量的监测和管理,全面提高食物质量和安全卫生水平;坚持优化结构与预防疾病相结合的原则,调整优化食物与营养结构,预防营养性疾病,提高全民营养和健康水平,走有中国特色的食物与营养发展道路。

(二)食物与营养发展的目标

9. 2010 年食物与营养发展总体目标。

保障合理的营养摄入量。人均每日摄入能量为 2300 千卡(供给能量为 2600 千卡),其中 80% 来自植物性食物,20% 来自动物性食物;蛋白质 77 克,其中 30% 来自动物性食物;脂肪 70 克,提供的能量占总能量的 25%;钙 580 毫克,铁 23 毫克,锌 12 毫克;维生素 B_1 1.2 毫克,维生素 B_2 1.4 毫克,维生素 A775 微克。

保障合理的食物摄入量。人均每年主要食物摄入量为:口粮 155 公斤,豆类 13 公斤,蔬菜 147 公斤,水果 38 公斤,食用植物油 10 公斤,食糖 9 公斤,肉类 28 公斤,蛋类 15 公斤,奶类 16 公斤,水产品 16 公斤。

保障充足的食物供给。2010 年全国主要食物生产总量的安全保障目标为:粮食 5.7 亿吨,豆类 2300 万吨,蔬菜 3.7 亿吨,水果 7300 万吨,油料 3400 万吨,糖料 1.3 亿吨,肉类 7600 万吨,蛋类 2700 万吨,奶类 2600 万吨,水产品 5000 万吨。

降低营养不良性疾病的发病率。5 岁以下儿童低体重发病率降至 5%,生长迟缓发病率降至 15%。孕妇和儿童贫血患病率分别降至 20% 和 15%。4 个月以内婴儿的母乳喂养达到普及,4 个月以上的婴儿,应逐步补充各种辅助食品。

10. 2010 年城乡居民食物与营养发展目标。

城市居民。人均每日摄入能量 2250 千卡,其中 75% 来自植物性食物,25% 来自动物性食物;蛋白质 80 克,其中 35% 来自动物性食物;脂肪 80 克,提供的能量占总能量 28%。人均每年主要食物摄入量为:口粮 135 公斤,豆类 12 公斤,蔬菜 160 公斤,水果 52 公斤,食用植物油 10 公斤,食糖 10 公斤,肉类 32 公斤,蛋类 18 公斤,奶类 32 公斤,水产品 22 公斤。

农村居民。人均每日摄入能量 2320 千卡,其中 84% 来自植物性食物,16% 来自动物性食物;蛋白质 75 克,其中 27% 来自动物性食物;脂肪 65 克,提供的能量占总能量的 24%。人均每年主要食物摄入量为:口粮 165 公斤,豆类 13 公斤,蔬菜 140 公斤,水果 30 公斤,食用植物油 10 公斤,食糖 8 公斤,肉类 26 公斤,蛋类 13 公斤,奶类 7 公斤,水产品 13 公斤。

三、食物与营养发展的重点领域、地区与群体

今后十年,针对我国食物与营养发展现状和存在的问题,要优先发展奶类产业、大豆产业和食品加工业三个重点食物领域,努力解决好农村和西部两个重点地区以及少年儿童、妇幼、老年三个重点人群的食物与营养发展的问题。

(一) 食物与营养发展的重点领域

我国食物与营养发展的内容多、任务重、领域广,要在整体推进的基础上,把涉及食物与营养发展的难点和薄弱环节作为今后十年的重点内容,优先发展。

11. 奶类产业。加快发展奶业,提高居民奶类消费水平。扶持奶源基地建设,调整奶畜群结构,改善奶业基础薄弱的状况。加快发展乳制品加工业,支持开发新的奶产品,促进奶产品的升级换代。大力加强奶业科学研究,提高奶业发展的科技含量。支持并形成若干个对全国具有带动作用的大型乳品加工企业集团。加大对奶业发展的支持力度,尽快提高我国居民的奶类食品消费水平,到 2010 年居民的乳制品人均消费量比 2000 年要有大幅度增加。

12. 大豆产业。大力发展大豆产业,促进大豆及其产品的生产和消费,提高大豆食品的供给水平。支持开展大豆资源、生产、精深加工等方面的科学研究。大力开拓大豆及其制品的消费市场,优先支持开发新型的大豆食品,用现代高新技术改造传统豆制品;到 2010 年,以大豆为基础的优质蛋白质消费量以及深加工产品消费量要有明显增加,质量要有明显改进。

13. 食品加工业。优先支持对主食的加工,加快居民主食制成品食物的发展步伐,重点发展符合营养科学要求的方便食品、速冻食品。加快开展食物营养强化工作,重点推行主食品营养强化,减轻食物营养素缺乏的状况。优先支持我国传统食品的工业化技术改造,选择并支持若干种具有市场前景和示范作用的传统食品,提高其科技含量,加快其工业化步伐。优先支持大宗农产品深度开发与加工利用,逐步提高农产品加工转化程度。

（二）食物与营养发展的重点地区

食物与营养发展需要全民参与、协调发展。要把相对落后的地区作为重点，加大力度，努力推进。

14. 农村地区。广大农村地区，食物发展不平衡，营养状况相对落后。要加快农村经济发展，大力推进农业和农村经济结构的调整，切实增加农民收入，提高食物消费能力。重视农村营养改善，加强农村食物与营养发展的基础设施建设，改善食物购买与消费环境，开拓农村食物市场。力争到2010年广大农村地区营养状况有较大改善，农村居民生活质量不断提高。

15. 西部农村地区。西部农村地区食物发展基础较差，食物资源丰富但未能充分开发利用。要加强食物发展基础设施建设，建立西部特色食物生产基地。合理开发和利用优势食物资源，形成西部食物发展主导产业，保护生态环境，促进西部地区食物增长与环境改善协调发展。提高农民收入水平，引导合理食物消费，降低西部地区农民营养不良的发生率。采取综合措施，促进西部地区农民食物与营养状况的不断改善。

（三）营养改善的重点人群

营养改善是长期的任务，在注重各类人群营养改善的同时，要切实抓好弱势人群的营养改善工作。

16. 少年儿童群体。提高民族整体素质，基础在少年儿童。积极组织实施有关少年儿童营养改善的国家计划。优先保证这一群体的营养供给，提高身体素质。定期对少年儿童营养健康状况进行监测，实行有针对性的营养指导，使少年儿童从小形成良好的饮食习惯。建立贫困地区少年儿童营养保障制度，切实解决农村儿童营养不足和城市儿童营养不平衡的问题。力争到2010年，农村营养不良儿童所占的比例比2000年减少一半，城市营养失调儿童所占的比例减少三分之一。

17. 妇幼群体。妇女具有特殊的营养需要，婴幼儿正处于生命的早期，他们的营养状况关系到人体一生的健康，要加大妇幼群体营养改善的力度，逐步建立孕妇、婴儿营养保障制度，防止妇女尤其是孕妇、产妇、哺乳期妇女的营养失衡。在全面普及母乳喂养的基础上，针对妇幼群体的特殊需要，大力开发适合妇幼群体消费的系列食品，加强对妇幼食品的市场管理。重点搞好3岁以下幼儿的营养改善，为提高中华民族新一代的身体素质打下良好基础。

18. 老年人群体。我国60岁以上老年人比例逐渐增大，老年人的营养与健康越来越成为一个非常重要的社会问题。要建立老年人营养保障制度，关心老年人膳食营养，做好孤寡老人的膳食供给，加强对老年人的营养保障工作。研究开发适合老年人消费的系列食物，重点发展营养强化食品和低盐、低脂、低能量食品。减少老年人营养性疾病的发生率，提高老年人的生活质量和健康水平。

四、促进食物与营养发展的政策措施

（一）调整结构，提高食物综合供给能力

19. 调整农业结构，提高食物质量。在稳定提高粮食生产能力的基础上，着力优化食物品种、优化食物品质、优化食物布局、促进食物生产效益大幅度增长。种植业要由传统的粮食作

物——经济作物"二元结构"向粮食作物——经济作物——饲料作物"三元结构"转变,大力发展名、特、优农产品,形成各具特色的优质农产品及其加工专用生产区,建立优质食品加工专用原料生产基地,大力发展适合食品加工业需要的标准化农产品生产。合理和充分利用草地、农作物秸秆等资源,建立规模养殖场,加快牛、羊、禽特别是奶畜发展,生产优质畜禽食品。在合理保护渔业资源和水域生态环境的前提下,加快发展水产养殖业,积极开发大洋性渔业资源。

20. 加强管理,加快食品工业发展。转变政府职能,加强行业规划和协调,加强监管和服务,实行食品工业产供销一体化。调整食品工业结构,加速传统食品工业的优化升级、促进传统食品工业向现代食品工业的转化,建立现代食品工业体系。开展食品加工机械、包装、贮运技术创新,大力发展现代食品科技,提高我国食品工业科技水平。加强食品工业基础设施建设,做好产品标准化包装、运输。加强对大宗食物的加工,提高综合利用率。采取措施,严格控制对人们身心健康危害较大的烟草业、烈性酒的发展。

21. 加强食物市场体系建设,提高食物国际竞争力。逐步建立和完善食物产地批发市场、城乡集贸市场、连锁超市等零售市场,进行合理布局,形成规范的生产——批发——零售一体化的市场网络。建立食物快捷运输通道,建设发达的食物流通体系。参照世界贸易规则,制定我国食物进出口贸易政策,采用国际标准进行食物生产、加工、发展外向型食品产业。以市场为向导,加强优势食物出口的生产,提高水果、蔬菜、畜产品、水产品等劳动密集型产品的质量,增强国际市场竞争能力。加强对食物进出口的检验检疫。

(二) 加强法制建设,保护食物资源环境

22. 加强食物与营养法制建设,完善食物与营养标准体系。加快食物与营养立法步伐,制定食品管理法规,保证食品安全卫生与人民身体健康。抓紧制定关于营养师、营养标识、儿童营养等方面的法规,把居民营养改善工作纳入法制化轨道。加强食物生产、加工、流通过程的标准化建设,加快食物质量、安全、卫生的标准体系建设,制定不同类别食物与营养标准,科学地指导食物生产和消费。在大中城市和有条件的地区逐步实行农产品认证制度,规范直接上市农产品的质量要求。加快食物流通体系的法制建设,规范企业行为,保护生产者与消费者的权益。

23. 保护食物资源环境,保障食物质量、安全与卫生。加大耕地、草地、水资源等生态建设和环境保护的力度,逐步改善食物资源环境,保障食物资源可持续利用。大力推广节地、节水、节能型等食物生产技术,缓解耕地、水资源紧缺的压力。强化食物生产过程的环境保护,加大食品生产经营企业的治污力度。大力发展无污染、安全优质、营养丰富的食物生产,加快发展绿色食品和有机食品,逐步增加名牌精品食物的市场供给。积极稳妥地发展高质量、高效能的保健食品,满足城乡居民多层次、多样化的需要。加强对食物种植、养殖阶段农药、兽药的管理,完善有关农药、兽药安全使用管理规定。建立健全食物质量、安全与卫生检验检测体系,加强对食物生产全过程的监督管理,提高食物质量,确保食物安全与卫生。

(三) 依靠科技进步,提高全民营养意识

24. 加强科技研究,提高食物与营养发展的科技水平。增加食物生产、食品工业、食物营养卫生及相关领域的前瞻性、战略性、公益性科研投入,加强食物发展各领域的基础研究和技术开发工作,促进产、学、研相结合,使相关学科相互渗透和交融,不断增强开发新产品、新技术、

新工艺的能力。加强生物技术、信息技术等高新技术在食物与营养领域的应用研究，显著提高食物产量、质量、安全和卫生水平。开展食物、营养与健康的相关研究，培养和造就食品与营养科学研究领域的高层次人才。吸收发达国家的先进经验，注重引进、消化、吸收国外有关食物与营养的先进技术。

25. 全面普及营养知识，提高全民营养意识。加强对居民食物与营养的指导，建立用科学的营养知识引导消费和用消费带动生产的新机制，使生产结构、消费结构和营养结构合理协调。开展多种形式、多种类型的营养知识教育，充分发挥各种新闻媒体的作用，加强营养知识宣传，提高城乡居民的营养科学知识和自我保健意识，引导居民的食物消费方向，提高全民科学、合理膳食的自觉性。加强对中小学生和家长的营养知识教育，把营养健康教育纳入中小学教育的内容。提高营养师的社会地位，逐步在医院、幼儿园、学校、企事业单位的公共食堂及餐饮服务业推行营养师制度。

（四）改善居民营养结构，保障我国食物安全

26. 实施有关营养改善行动计划。继续和规范实施国家营养改善行动计划、国家大豆行动计划、国家学生饮用奶计划等。积极推广学生营养餐，作为国民营养改善的一项重要工作，成立相应协调机构，制定相关法规，依法加强管理。力争到2010年，全国大中城市要有一半以上的中小学生吃上学生营养餐。在经济落后地区，采取不同形式，保障居民营养供给。对发生严重营养不良的地区，当地政府要及时采取营养改善措施。

27. 加强营养监测，建立食物安全保障系统。建立和完善食物与营养监测系统，坚持重点监控与系统监测结合，监测不同地区、不同人群的营养状况。加强食物信息建设，建立我国食物安全与早期预警系统，保障全民食物供给和消费安全。要从国内外两种资源、两个市场来考虑我国食物的安全，密切关注和研究市场变化、重大自然灾害对食物供给带来的影响，提前作好各种应对准备，确保我国食物安全。

（五）加强对食物与营养工作的领导

28. 分级管理，部门分工配合，建立现代食物管理体制。《中国食物与营养发展纲要(2001－2010)年》的实施由农业部牵头协调，国务院各有关部门要紧密协作，积极配合，加强对食物与营养发展工作的指导，进一步发挥国家食物与营养咨询委员会的重要作用。地方各级人民政府要高度重视和加强食物与营养发展工作，结合本地实际，充分考虑不同地区、不同人群的差别和习惯，研究制订本地区的食物与营养发展纲要，把食物与营养发展目标纳入本地区的国民经济和社会发展计划。加快我国食物与营养管理体制改革，建立现代食物发展管理体系，保证食物与营养发展目标的顺利实现。



主要参考文献

1 王光慈主编. 食品营养学. 北京:中国农业出版社,2001

2 孙远明,余群力主编. 食品营养学. 北京:中国农业大学出版社,2002

3 何志谦编著. 人类营养学. 第2版. 北京:人民卫生出版社,2000

4 葛可佑总主编. 中国营养科学全书. 北京:人民卫生出版社,2004

5 B. A. 鲍曼,R. M. 拉塞尔编著. 荫士安,汪之顼主译. 现代营养学. 第8版. 北京:化学工业出版社. 2004

6 F. S. 塞泽尔,E. N. 惠特尼编著,王希成主译. 营养学——概念与争论. 第8版. 北京:清华大学出版社,2004

7 于守洋. 保健食品的进展与营养科学的学科建设. 营养学报,2003,25(2),142~144

8 杨月欣. 食物营养学研究新进展. 首届中国西部营养与健康、亚健康学术会议论文集,2005(10),10~22

9 于志深,顾景范主编. 特殊营养学. 北京:科学出版社,1991

10 中国营养学会编. 中居民膳食营养素参考摄入量. 北京:轻工业出版社,2000

11 殷铭俊,陈执中. 基因营养学的研究进展. 食品与药品,2005,7(01A),8~11

12 Jasny BR,Hines PJ. Genome prospecting. Science,1999,286:443

13 陈仁惇编著. 营养保健食品. 北京:人民卫生出版社,2001

14 中国膳食指南专家委员会主编. 中国居民膳食指南文集. 北京:中国监察出版社,1999

15 翟凤英,何宇娜,王志宏等. 中国城乡居民膳食营养素摄入状况及变化趋势. 营养学报,2005,27(3),181~184

16 国务院新闻办公室. 中国居民营养与健康现状. 营养学报,2004,26(6),417~420

17 中国食物与营养发展纲要(2001—2010年). 中国食物与营养,2001(6),5~10

18 姚泰主编. 生理学. 第6版. 北京:人民卫生出版社,2005

19 周衍椒,张镜如主编. 生理学. 第3版. 北京:人民卫生出版社,1989

20 B. A. 鲍曼,R. M. 拉塞尔主编. 荫士安主译. 现代营养学. 第8版. 北京:化学工业出版社,2004

21 彭景主编. 烹饪营养学. 北京:中国轻工业出版社,2000

22 杨月欣,王光亚,潘兴昌主编. 中国食物成分表2002. 北京:北京大学医学出版社,2002

23 杨月欣主编. 21世纪膳食营养指南. 北京:中国轻工业出版社,2003

24 贾冬英、姚开编著. 饮食营养与治疗. 成都:四川大学出版社,2004

25 Appendix J. 主编. Understanding Nutrition. 第8版. New York,West Publishing Company,1999

26 陈仁惇主编. 现代临床营养学. 北京:人民军医出版社,1999

27 Ju Neja. L-theanine-a unique amino acid of green tea and its relaxation effect in humans. Trend of food science and technology,1999(10):199 ~ 204

28 FAO/WHO/UNU report on energy and protein requirement. Technical report series 724. Geneva: WHO,1984,71 ~ 78,186 ~ 191

29 刘志皋主编. 食品营养学. 第2版. 北京:中国轻工业出版社,2004

30 王放,王显伦主编. 食品营养保健原理及技术. 北京:中国轻工业出版社,1997

31 何志谦主编. 疾病营养学. 北京:人民卫生出版社,1997

32 吴坤主编. 营养与食品卫生学. 第5版. 北京:人民卫生出版社,2005

33 J. G. Handique, J. B. Baruah, Polyphenolic compounds: an overview, Reactive & Functional Polymers, 2002 (52):163 ~ 188

34 Kelly E. Heim, Anthony R. Tagliaferro, Dennis J. Bobilya, Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships, Journal of Nutritional Biochemistry, 2002 (13): 572 ~ 584

35 Ronald L. Prior, Guo hua Cao, Flavonoids: Diet and Health Relationships, nutrition in clinical care, 2000, 3(5):279 ~ 288

36 Yong-Soon Choi. Concentration of phytoestrogeus in soybeans and soybean products in Korea. J Aric Food Chem, 2000(80):1709 ~ 1712

37 Zhang P, Omaye ST. DNA strand breakage and oxygen tention: effect of β-carotene, α-tocopherol and ascorbic acid. Food Chem Toxicol, 2001(39):239 ~ 246

38 马旭俊,朱大海. 植物超氧化物歧化酶(SOD)的研究进展. 遗传,2003(1):225 ~ 231

39 尤新. 食用植物提取物——功能性食品添加剂的开发热点. 中国食物与营养,2005(2): 19 ~ 22

40 冯长根,吴悟贤,刘霞等. 洋葱的化学成分及药理作用研究进展. 上海中医药杂志,2003 (3):63 ~ 64

41 龙新宪,杨肖娥. 食物链中氰甙的降解研究进展. 天然产物研究与发展,1998(4),99 ~ 105

42 吕毅,郭雯飞,倪捷儿等. 茶氨酸的生理作用及合成. 茶叶科学,2003 (1):1 ~ 5

43 孙迪安,李广义. 香科科属植物中二萜研究进展. 天然产物研究与开发,1995(4):59 ~ 64

44 吴时敏,吴谋成. 植物甾醇的研究进展与趋向 I. 中国油脂,2002(2):73 ~ 75

45 吴健敏. 茶碱类药物临床应用的研究进展. 天津药学,2001(1):12 ~ 14

46 宋红普,贯剑,何裕民. 葛根的药学研究及其临床应用. 上海中医药杂志,1999(4):47 ~ 49

47 宋晓凯主编. 天然药物化学. 北京:化学工业出版社,2004

48 张桂枝,安利佳. 人参皂苷生理活性的研究进展. 食品与发酵工业,2002(28):70 ~ 72

49 张莹,施兆鹏,施玲. 茶氨酸的研究进展. 天然产物研究与开发,2003(4):369 ~ 372

50 张鞍灵,高锦明. 黄酮类化合物的分布及开发利用. 西北林学院学报,2000(1):69 ~ 74

51 杜红霞,李洪军. 二十八烷醇研究进展. 粮食与油脂,2005(6):13 ~ 15

52 杜秀敏,殷文璇,张慧等. 超氧化物歧化酶(SOD)研究进展. 中国生物工程杂志, 2003(1): 48 ~ 50



53 迟玉杰.超氧化物歧化酶对人体的营养保健作用.中国乳品工业,2000(4):27～29

54 陆茂松,闵青梅.大蒜有机硫化合物的研究.中草药,2001 (10):867～870

55 陈有双,李家元.功能性物质二十八烷醇生理活性及应用研究进展.广西工学院学报,2005(3):19～22

56 陈宗道,周才琼,童华荣编著.茶叶化学工程学.重庆:西南师范大学出版社,1999

57 郑建仙编.功能性食品.第2卷.北京:中国轻工出版社,1999

58 赵宇瑛,张汉锋.花青素的研究现状及发展趋势.安徽农业科学,2005(5):904～905 ,907

59 赵怀清,王学娅,难波恒雄.葱中含硫化合物对培养心肌细胞的作用.药学学报,2000(1):4～6

60 袁静萍.大蒜烯丙基硫化物的抗癌机制.国外医学、生理、病理科学与临床分册,2002 (6):556～558

61 贾代汉,周岩民,王恬.植物甾醇降胆固醇作用研究进展.中国油脂,2005(5):55～58

62 顾维雄主编.保健食品.上海:上海人民出版社,2001

63 黄建,孙静.葡糖异硫氰酸酯的生物利用率及对人体健康的意义.国外医学卫生分册,2003 (2):93～97

64 程俊文,阚建全,王储炎.米糠油中谷维素的研究进展及在食品中的应用.粮食与食品工业,2005(4):17～19

65 董娟娥,张靖.植物中环烯醚萜类化合物研究进展.西安林学院学报,2004(3):131～135

66 谢鹏,张敏红.黄酮类化合物抑菌作用的研究进展.中国动物保健,2004(12):35～37

67 韩雅珊.类胡萝卜素的功能研究进展综述.中国农业大学学报,1999:5～9

68 李勇主编.营养与食物卫生学.北京:北京大学医学出版社,2005

69 葛可佑主编.中国营养师培训教材.北京:人民卫生出版社,2005

70 李丽秀,朱红梅,高凯等.温度对草莓加工过程中维生素C含量的影响.保鲜与加工,2005(4):18～19

71 J. Mottar M. Naudts 著.编辑部译,巴氏杀菌乳与超高温灭菌乳及瓶(罐)装灭菌乳的品质比较研究.中国乳业,2005(7):50－54(原文法文,刊登于 LE LAIT/SEPTEMBRE－OCTOBRE 1979/N588,476～488)

72 陆蒸.干制过程气体成分对蔬菜干制品质的影响.农业工程学报,2004(4),188～191

73 朱建丽,许时婴,杨瑞金.方便米饭生产中脂肪及脂肪酸变化研究.粮食与油脂,2001(5),4～5

74 赵洪静,杨月欣.食品加工、烹调中的维生素损失.国外医学卫生学分册,2003(4):221～226

75 陈洁,吴小南.微波烹调的营养与食品卫生相关问题的研究.海峡预防医学杂志,2004,2:18～23

76 李艳聪,李书环.真空冷冻干燥技术及其在食品加工中的应用.天津农学院学报,2003,10(1),42～45

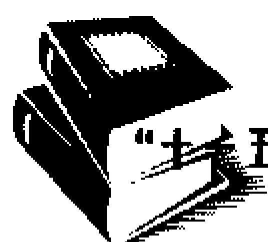
77 朱建丽.方便米饭在贮藏过程中脂肪酸变化研究.粮食与油脂,2002(9),6～7

78 杨龙江.辐射对肉营养价值的影响.肉类工业,2001(1),25～29

79 史奎雄主编.医学营养学.上海:上海交通大学出版社,1998

80 中国学生体质与健康调查报告.高等教育出版社,2002

81 魏书珍,张秋业主编.儿童生长发育性疾病.北京:人民卫生出版社,1996
82 翟凤英主编.中国营养工作回顾.北京:中国轻工出版社.2005,7
83 蔡东联主编.实用营养学.北京:人民卫生出版社.2005
84 杨月欣主编.中国食物成分表2004.北京:北京大学出版社,2005
85 郑健仙编著.功能性食品学.北京:中国轻工出版社.2003,1
86 中国营养学会编.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京:中国轻工出版社,2000
87 霍军生主编.现代食品营养与安全.中国轻工业出版社,2005
88 孔繁修.面粉强化——改善人类健康的良机.粮油食品科技,2001(3):41~42
89 赵文华、翟凤英、张丁等.强化赖氨酸面粉对人群营养及免疫功能的影响.中国食物与营养,2001(3):11~17
90 李全宏主编.食物、营养与卫生.青岛:青岛海洋大学出版社,1995
91 金宗濂主编.功能食品教程.中国轻工业出版社,2005
92 刘景圣、孟宪军主编.功能性食品.中国农业出版社,2005
93 郑建仙编.低能量食品典型配方和关键技术.北京:科学技术文献出版社,2005
94 马晓红、苏日.肥胖研究进展.中国比较医学杂志,2005,15(3):
95 Bray G、Popkin B. Dietary fat intake does affect obesityJ. Am J Clin Nutr, 1998, 68:1157~21173.
96 顾景范,杜寿玢,查良锭,关桂梧,主编.现代临床营养学.北京:科学出版社,2003
97 National Institutes of Health of USA. Your guide to Lowering Your Blood Pressure With DASH. NIH Publication No. 06-4082,2006
98 A joint WHO/FAO expert consultation Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Geneva, 2003
99 H. M. Rochel. Dietary lipids and gene expression. Biochemical Society Transactions 2004;32:999~1002
100 李国富,侯志茹.我国绿色食品产业发展现状及前景.经济纵横,2004(11):18~20
101 王双燕.浅析绿色食品的发展前景.甘肃农业,2004(4):19~20
102 于森.海藻的食用与药用价值.海洋世界,2001(3)
103 李华佳,杨方美.藻胆蛋白的提取技术与生物活性研究.2005,26(7):243~246
104 王静.藻类食品大点兵.中老年保健,2005(5):28~29
105 张全斌.紫菜的营养价值研究概况.海洋科学,2005,29(2):69~71
106 朱玉飞,钱胜峰.螺旋藻的营养价值及开发利用前景.饲料博览,2005(11):36~37
107 李明华等.昆虫功能食品的研究与开发.食品研究与开发,2005,26(3):112~115
108 刘振江,相静波.昆虫食品的开发与应用前景.安徽农业科学,2005,33(9):1728~1729
109 傅善江,李京东.昆虫抗菌肽及其应用.中国食物与营养,2005(11):15~17
110 刘忠渊等.昆虫抗冻蛋白的研究.生物技术,2004,114(3):73~75
111 黄群等.畜禽血的开发利用.肉类研究,2003(3):37~40
112 白建等.动物骨粉的应用研究.肉类工业,2005(4):32~35



113 魏瑶. 单细胞蛋白. 四川粮油科技,2003(4):41 ~ 44
114 冯昕. 单细胞蛋白的营养价值及其应用. 食品科技,1996(5):10 ~ 11
115 马志科,胥林森. 单细胞蛋白开发应用进展. 世界农业,1997(7):46
116 刘兴华主编. 食品安全保藏学. 北京:中国轻工出版社,2005
117 杨洁彬等编. 食品安全性. 北京:中国轻工出版社,1999
118 杜雅纯主编. 食品卫生学. 北京:中国轻工出版社,2000
119 于千千主编. 饮食营养与卫生. 北京:中国轻工出版社,2000
120 曾孝庆,许喜林编. HACCP 原理与应用. 广州:华南理工大学出版社,2001

［Ｇｅｎｅｒａｌ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ］
书名＝食品营养学
作者＝周才琼，周玉林主编
页数＝３６０
ＳＳ号＝１１７６４１１０
出版日期＝２００６年１１月

前言
目录